



**Kevin Artur Pintado
Madeira**

**MELHORIA DE DESEMPENHO NO SECTOR DE
ESCOLHA E EMBALAGEM**



**Kevin Artur Pintado
Madeira**

**MELHORIA DE DESEMPENHO NO SECTOR DE
ESCOLHA E EMBALAGEM**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Professora Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha namorada e aos meus familiares mais próximos pelo apoio incondicional.

o júri

presidente

Prof.^a Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos
Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da
Universidade de Aveiro

Prof.^a Doutora Ângela Maria Esteves da Silva
Professora Auxiliar da Faculdade de Engenharia e Tecnologias da Universidade Lusíada - Norte

Prof.^a Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre
Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da
Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço à organização que me acolheu e permitiu a realização deste projeto e à Prof.^a Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre pela incansável ajuda e disponibilidade.

palavras-chave

Melhoria contínua, *Lean*, SMED

resumo

O presente projeto foi realizado no departamento de escolha e embalagem de uma indústria especializada em componentes de fixação para o sector automóvel. Neste departamento havia uma necessidade de melhoria a vários níveis, devido ao rápido crescimento e sucesso da organização, o que resultou num aumento da procura e, consequentemente, do nível de trabalho exigido a este sector.

Com este projeto pretendeu-se, assim, implementar medidas de melhoria ao nível da organização do sector, por forma a contribuir para o aumento do seu desempenho.

Foi, portanto, necessário dar formação aos colaboradores sobre os registos das não conformidades no sistema informático (SI), organizar e gerir os armários das mestres dos artigos produzidos, analisar as cadências de produção de cada artigo, determinar qual a cadência de produção máxima de afinação por artigo e inserir esse valor no SI, determinar e analisar os fatores que afetam as cadências de produção, criar ferramentas para auditar o processo e os operadores, e analisar de motivos de paragem. Foi também possível descrever e identificar as atividades chaves do processo de produção e, com base nessa identificação, implementar as melhorias propostas.

Os resultados deste trabalho foram visíveis de um ponto de vista operacional, através da melhoria do funcionamento do sector e dos ganhos nos tempos de paragem de máquina, nomeadamente uma redução de 5% a 14% nos tempos de *setup* e de 15% a 30 nas paragens por falta de afinador, dependendo do turno. A validade dos resultados obtidos, nomeadamente ao nível dos tempos de paragem, foi ainda confirmada com recurso a técnicas estatísticas.

keywords

Continuous improvement, Lean, SMED

abstract

The present work was carried out at the department of selection and packaging of an industry specialized in fastening components for the automotive sector. There was a need for improvement at several levels in the department, due to the fast growth and success of the organization that resulted in increased demand and, consequently, in a larger level of work required from the department.

With this project the objective was to implement improvement measures related to the organization of the sector, in order to improve its performance.

Therefore, it was necessary to train employees about the record of nonconformities in the computer system (CS), to organize and manage the cabinets of the masters of the articles produced, to analyse the production output of each article, to determine the maximum production output of tuning per article and introduce this value in the CS, to determine and analyse the factors affecting the production output, to create tools to audit the process and the operators, and to analyse reasons for machine downtime. It was also possible to describe and identify the key activities of the production process and thus implement the planned improvement actions.

The results of this work were visible from an operational point of view, through the improvement of the sector and the gains in machine downtime. More specifically, there was a reduction of 5% to 14% in setup time and of 15% to 30% in downtime due to the lack of a specialized worker to tune the parameters of the equipment, depending on the shift. The validity of the results, namely the downtime reduction, was confirmed through the use of statistical techniques.

Índice Geral

Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia	2
1.4 Estrutura do relatório	5
Capítulo 2 – Enquadramento teórico	7
2.1 Produção <i>Lean</i>	7
2.2 5S.....	9
2.3 SMED	11
2.4 Teste de Kruskal-Wallis.....	12
Capítulo 3 – Projeto	14
3.1 Descrição da empresa	14
3.2 Descrição do processo produtivo	15
3.3 Descrição das atividades produtivas.....	16
3.4 Processo produtivo do sector de escolha	17
3.4.1 Descrição das máquinas de escolha automática	18
3.4.2 Descrição das atividades do sector de escolha	31
Capítulo 4 - Trabalhos de melhoria	36
4.1 Melhorar a organização do sector	36
4.2 Formar os colaboradores sobre os registos das não conformidades	38
4.3 Organizar os armários das mestres dos artigos produzidos	39
4.4 Determinar a cadência de produção máxima de afinação por artigo.....	40
4.5 Determinar os fatores que afetam as cadências de produção.....	41
4.5.1 Características das máquinas.....	41
4.5.2 Geometria do artigo	42
4.5.3 Tipo de tratamento de superfície	42
4.6 Identificar as cadências de produção de cada artigo.....	44
4.7 Criar ferramentas para auditar o processo e os operadores.....	52
4.8 Identificar os motivos de paragem	52
Capítulo 5 – Conclusões e perspectivas de desenvolvimento futuro.....	78
Referências bibliográficas	82
Anexos	85

Índice de Figuras

Figura 1 – Processo produtivo da empresa PECOL Automotive	16
Figura 2 – Pulmão de abastecimento	20
Figura 3 – Vibrador circular	20
Figura 4 – Disco	21
Figura 5 – Interface gráfica	21
Figura 6 – Software DIMAC	22
Figura 7 – Gráfico SPC	22
Figura 8 – Saída das peças OK	23
Figura 9 – Saída das peças NOK	23
Figura 10 – Câmaras lateral e vertical da máquina MCV0	24
Figura 11 – Leitura da câmara lateral da MCV0 referente ao comprimento de rosca	24
Figura 12 – Leitura da câmara vertical da MCV0 evidenciado a parte superior do artigo	25
Figura 13 – Componente MARPOSS da máquina MCV1-4	25
Figura 14 – Disposição das câmaras da máquina MCV1-5	26
Figura 15 – Câmara e calha de vidro da máquina MCV2 em vista frontal (a) e posterior (b) .	27
Figura 16 – Câmara e punção mecânico da máquina MCV3 em duas perspectivas (a) e (b) diferentes	27
Figura 17 – Máquina MCV4-7	28
Figura 18 – Máquina MCV5 evidenciado as suas três câmaras (a) e o disco de vidro (b)	28
Figura 19 – Máquina MECTRON 2 em vista frontal (a) e lateral (b)	29
Figura 20 – Conjunto de lasers e recetores da máquina MECTRON 2	29
Figura 21 – Sistema de inspeção da máquina CHAMPS	30
Figura 22 – Verificação do alinhamento pela máquina PACE	30
Figura 23 – Sistema de inspeção da máquina PACE	31
Figura 24 – Layout da disposição das máquinas de escolha automática e das zonas de trabalho	33
Figura 25 – Bancada de trabalho	33
Figura 26 – Exemplo de um expositor de documentos de trabalho	36
Figura 27 – Caixote de sucata localizado próximo de uma máquina	36
Figura 28 – Carrinho de ferramentas	37
Figura 29 – Aspirador utilizado na limpeza do sector	37
Figura 30 – Exemplo de uma etiqueta das mestres	39
Figura 31 – Armários das mestres com as gavetas devidamente identificadas	40
Figura 32 – Histograma referente à cadência de máquinas medida em peças/minuto	45
Figura 33 – Exemplificação da metodologia SMED	58
Figura 34 – Histograma representativo da distribuição de frequências dos tempos de paragem por falta de afinador	59

Figura 35 – Diagrama de extremos e quartis (outliers representados com *)	60
Figura 36 – Histograma representativo da distribuição de frequências dos tempos de paragem por falta de afinador após eliminação dos outliers	61
Figura 37 – Diagrama de extremos e quartis após eliminação dos outliers	61
Figura 38 – Histogramas por grupo de amostras respeitantes aos tempos por falta de afinador por turno.....	64
Figura 39 – Histograma representativo da distribuição de frequências dos tempos de setup...	67
Figura 40 – Diagrama de extremos e quartis (outliers representados com *)	68
Figura 41 – Histograma representativo da distribuição de frequências de tempos de setup após eliminação dos outliers	69
Figura 42 – Diagrama de extremos e quartis após eliminação dos outliers	69
Figura 43 – Histogramas por grupo de amostras respeitantes aos tempos de setup	72

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Designação e número das máquinas e terminação utilizada nas etiquetas para embalagem.....	19
Tabela 2 – Resultados da análise descritiva referente à cadência de máquinas.....	45
Tabela 3 – Teste de igualdade de variâncias do erro de Levene para a cadência de máquinas	46
Tabela 4 – Teste F aplicado aos tempos por ausência de afinador por turno	46
Tabela 5 – Conversão dos números de máquina em código.....	47
Tabela 6 – Ranks das máquinas	48
Tabela 7 – Teste H da cadência de máquinas	48
Tabela 8 – Resultados do teste H da cadência de máquinas.....	49
Tabela 9 – Resultados do teste H para pares de máquinas	50
Tabela 10 – Grupos e cadência de máquinas.....	51
Tabela 11 – Estados possíveis da mudança de setup	55
Tabela 12 – Cenários que afetam os tempos de paragem de máquina.....	56
Tabela 13 – Resultados da análise descritiva respeitante aos tempos de paragem por falta de afinador	59
Tabela 14 – Resultados da análise descritiva referente aos tempos de paragem por falta de afinador após eliminação dos outliers	60
Tabela 15 – Média dos tempos por falta de afinador em cada um dos três turnos	62
Tabela 16 – Média dos tempos por falta de afinador por turno, antes e depois da implementação das melhorias.....	62
Tabela 17 – Teste de igualdade de variâncias do erro de Levene para os tempos de paragem por falta de afinador por turno.....	63
Tabela 18 – Resultados do teste F para os tempos de paragem por falta de afinador por turno	63
Tabela 19 – Valores de média e assimetria para os tempos por falta de afinador por turno	64
Tabela 20 – Ranks dos tempos de paragem por falta de afinador antes e depois da implementação da melhoria no sector.....	65
Tabela 21 – Teste H dos tempos de paragem por falta de afinador antes e depois da implementação da melhoria no sector.....	65
Tabela 22 – Ranks dos tempos por falta de afinador para os diferentes turnos.....	65
Tabela 23 – Teste H dos tempos por falta de afinador para os diferentes turnos	66
Tabela 24 – Diferença entre os tempos por falta de afinador por turno antes e depois da implementação das melhorias.....	66
Tabela 25 – Resultados da análise descritiva referente aos tempos de setup	67
Tabela 26 – Resultados da análise descritiva referentes aos tempos de setup após eliminação dos outliers	68
Tabela 27 – Média dos tempos de mudança de setup em cada um dos três turnos	70

Tabela 28 – Média dos tempos de setup por turno, antes e depois da implementação das melhorias.....	70
Tabela 29 – Teste de igualdade de variâncias do erro de Levene para os tempos de setup	71
Tabela 30 – Resultados do teste F para os tempos de setup	71
Tabela 31 – Valores de média e assimetria para os tempos de setup	72
Tabela 32 – Ranks dos tempos de setup, antes e depois da implementação das melhorias	73
Tabela 33 – Teste H dos tempos de setup, antes e depois da implementação das melhorias ...	73
Tabela 34 – Ranks dos tempos de setup para os diferentes turnos	73
Tabela 35 – Teste H dos tempos de setup para os diferentes turnos.....	74
Tabela 36 – Ranks dos tempos de setup entre os turnos 0 e 1.....	74
Tabela 37 – Teste H dos tempos de setup entre os turnos 0 e 1	74
Tabela 38 – Ranks dos tempos de setup entre os turnos 0 e 2.....	75
Tabela 39 – Teste H dos tempos de setup entre os turnos 0 e 2	75
Tabela 40 – Ranks dos tempos de setup entre os turnos 1 e 2.....	75
Tabela 41 – Teste H dos tempos de setup entre os turnos 1 e 2	76
Tabela 42 – Diferença entre os tempos de setup, antes e depois da implementação das melhorias.....	76

Capítulo 1 – Introdução

Pretende-se neste capítulo introdutório fazer um enquadramento do trabalho desenvolvido e que se encontra inserido no âmbito da melhoria de desempenho no sector de escolha e embalagem.

1.1 Enquadramento

O trabalho explicado no presente relatório foi desenvolvido na PECOL Automotive, especializada na produção em componentes estampados a frio para o sector automóvel, ao longo de cerca de um ano, desde que teve início a colaboração com a empresa.

No que respeita ao departamento de escolha e embalagem, trata-se de um sector que trabalha de forma diferente dos restantes departamentos da PECOL Automotive devido ao seu posicionamento no processo produtivo, mais especificamente no final do mesmo. Todo o planeamento de produção, assim como a respetiva produção, é feito de forma proactiva e sob influência direta dos pedidos pendentes dos clientes. A sua organização encontra-se principalmente focada na produção, existindo uma elevada exigência no rigor e qualidade do que é produzido. No entanto, devido à elevada carga de trabalho e falta de disponibilidade, verifica-se a existência de alguma carência em termos de ferramentas sendo necessário definir indicadores de produção que alertem para essas situações e que permitam priorizar as necessidades de melhorias a diversos níveis.

De uma forma mais específica, o presente trabalho foi desenvolvido em ambiente industrial, no sector da escolha e embalagem, no final da linha de produção. Neste sector realiza-se o processo de controlo de conformidade dos componentes produzidos e a sua respetiva embalagem. Assim sendo, o projeto focou-se na melhoria das operações através do levantamento e avaliação das cadências de produção, da aplicação de *Single Minute Exchanges of Dies* (SMED) para as mudanças de *setup*, e da criação de ajudas visuais diversas.

Com base no supramencionado, com este projeto pretendeu-se:

- Identificar atividades chaves do processo de escolha e embalagem;
- Obter dados das cadências de produção por forma a identificar fatores que influenciem as cadências de produção;
- Criar ferramentas para avaliar os operadores e o processo;
- Implementar diversas melhorias organizativas;
- Aplicar SMED para melhorar os tempos de mudanças de *setup*.

1.2 Objetivos

Com base nas carências identificadas inicialmente e na avaliação das necessidades do sector, este trabalho tem os seguintes oito objetivos mais específicos:

1. Melhorar a organização do sector;
2. Formar os colaboradores sobre os registos das não conformidades;
3. Organizar os armários das mestres dos artigos produzidos;
4. Determinar a cadência de produção máxima de afinação por artigo;
5. Determinar os fatores que afetam as cadências de produção;
6. Identificar as cadências de produção de cada artigo;
7. Criar ferramentas para auditar o processo e os operadores;
8. Identificar os motivos de paragem.

1.3 Metodologia

É possível afirmar que o trabalho desenvolvido seguiu uma metodologia que se insere no método de análise Investigação-Ação. Este método pressupõe que a investigação seja feita em conjunto com a ação em vez de ser feita sobre a ação, o que implica que a investigação seja participativa e simultânea, seguindo, assim, uma sequência de eventos que deverão conduzir à resolução do problema em análise (Coughlan & Coughlan, 2002).

Neste contexto, foi necessário, numa primeira instância conhecer como a empresa funciona, que departamentos estão formados na organização, quais as etapas de produção, e identificar as etapas chaves de cada processo. No sector de escolha e embalagem, no qual foi realizado este projeto, foi necessário conhecer em detalhe todas as tarefas realizadas, identificá-las, mapeá-las, e identificar quais as atividades chaves do processo.

Assim, foi necessário identificar quais as necessidades do sector e encontrar soluções para conseguir intervir nessas mesmas necessidades.

a) Melhorar a organização do sector

- Conhecer o sector;
- Determinar quais as necessidades imediatas de melhoria a implementar;
- Identificar um conjunto de melhorias e efetuar a proposta ao responsável do sector de escolha e embalagem;
- Adquirir material, quando necessário;
- Implementar as melhorias.

b) Formar os colaboradores sobre os registos de não conformidades

- Identificar quais os dados necessários para os colaboradores efetuarem os registos;
- Identificar quais as dúvidas existentes;
- Dar formação aos colaboradores;
- Verificar todos os registos efetuados e corrigir os erros encontrados;
- Com base nos erros encontrados, voltar a formar os colaboradores;
- Dar formação contínua aos operadores com base nos erros encontrados.

c) Organizar e identificar os armários das mestres dos artigos produzidos

- Identificar as mestres obsoletas (mestres com mais de dois anos sem atividade);
- Encontrar as mestres obsoletas, e guardá-las devidamente identificadas;
- Reorganizar os armários com base no espaço disponível;
- Organizar as mestres ativas por ordem alfabética e por nome de cliente;
- Criar um *template* de etiqueta para as gavetas das mestres;
- Etiquetar todas as mestres;
- Criar um ficheiro informático e em papel para facilitar a localização das mestres nos armários;
- Recolher a opinião dos afinadores sobre as melhorias implementadas.

d) Determinar a cadência de produção máxima de afinação por artigo

- Fazer o levantamento de todas as cadências de afinação;
- Atualizar esse valor sempre que se obtenha uma melhoria no processo de mudança de *setup*;
- Inserir no Sistema de Informação (SI) os valores de cadência máxima e as respetivas atualizações, caso ocorram;
- Descrever os motivos pela qual as cadências de afinação são diferentes das cadências de produção.

e) Determinar os fatores que afetam as cadências de produção

- Determinar quais os fatores que influenciam as cadências de cada artigo;
- Descrever o efeito desses fatores nas cadências de produção;
- Descrever os motivos pelos quais as cadências de afinação são diferentes das cadências de produção.

f) Identificar as cadências de produção

- Recolher os dados necessários no SI para determinar as cadências de produção por artigo;

Para tal, começou-se por recolher os dados de 2017 necessários a partir do SI, os quais contêm informações relativas à máquina na qual foram escolhidos os produtos, artigo, quantidade, tempo total de processo e tempo de paragem. Por recurso à ferramenta SPSS, pretende-se realizar:

- Estatística descritiva;
- Aplicar testes estatísticos.

g) Criar ferramentas para auditar o processo e os operadores

- Identificar as necessidades e atividades do sector;
- Dividir essas atividades em inerentes ao processo ou atividades dos operadores;
- Criar uma ferramenta para que os responsáveis de turno auditem o processo e operadores;
- Recolher opiniões dos responsáveis de turno sobre as ferramentas;
- Avaliar resultado.

h) Identificar os motivos de paragem

- Recolher dados referentes aos motivos de paragem em 2017, com exceção do mês de Agosto devido a férias e baixas de produção;
- Identificar quais os motivos de paragem;
- Avaliar quais os motivos de paragem que dependem diretamente das atividades do processo;
- Descrever o processo de mudança de *setup*, tendo em conta quais as atividades necessárias para a sua realização;
- De acordo com o estado em que máquina se encontra, determinar qual o motivo de paragem;
- Quantificar o tempo de paragem nos diferentes estados.

Com recurso à ferramenta SPSS, pretende-se determinar se existe uma variação estatisticamente significativa entre turnos, antes e depois da implementação das melhorias, o que será efetuado, uma vez mais, através do seguinte procedimento:

- Estatística descritiva;
- Determinação de *outliers*;
- Eliminar *outliers* dos dados;
- Aplicar teste estatísticos.

1.4 Estrutura do relatório

Relativamente à estrutura do relatório, este apresenta, após um capítulo introdutório, um enquadramento teórico, no capítulo 2, de forma a fundamentar todo o trabalho realizado e conclusões aferidas.

Após o enquadramento teórico inicial, segue-se o corpo do projeto, no qual é desenvolvida e aplicada a metodologia proposta para cada um dos oito objetivos definidos.

Apresenta-se, assim, no capítulo 3, a descrição da empresa na qual foi realizado o projeto, assim como a descrição do processo produtivo geral e detalhado do sector. É elaborada uma explicação detalhada de como as atividades decorrem na empresa, e em específico no sector no qual foram implementadas as melhorias propostas. Adicionalmente, é ainda possível encontrar uma descrição das máquinas e suas características, assim como de todas as atividades realizadas no sector.

Por fim, serão abordados, no capítulo 4, os trabalhos de melhoria aplicados, divididos de acordo com os oito objetivos propostos. Pretende-se mostrar que cada objetivo tem um propósito e quais foram os resultados obtidos.

O relatório encerra com as conclusões aferidas e com a proposta de perspetivas futuras (capítulo 5).

Capítulo 2 – Enquadramento teórico

No presente capítulo serão abordados diversos conceitos e temas de modo a fundamentar todo o trabalho realizado. Numa primeira parte é feita uma descrição teórica sobre a produção *Lean*, nomeadamente qual a sua origem, onde é atualmente aplicada, assim como alguns exemplos práticos da sua implementação. Segue-se uma segunda parte na qual serão abordados conceitos sobre 5S, numa estrutura semelhante à descrita para a primeira parte deste capítulo. Uma terceira parte onde é feita a descrição do método de SMED (*Single Minute Exchange of Die*) e por fim, numa quarta parte, a apresentação do teste não-paramétrico de Kruskal- Wallis.

2.1 Produção *Lean*

O conceito de produção *Lean* teve origem em *Toyota Production System* (TPS) desenvolvido por Taiichi Ohno (Ohno, 1988). A evolução do TPS deveu-se à necessidade de dar uma resposta aos mercados que exigiam a produção de lotes pequenos e com grande variedade, o oposto das produções em massa observadas na Europa e Estados Unidos da América.

Nos dias presentes, é possível observar a aplicação da metodologia *Lean* fora do ambiente industrial em diversas áreas e direcionada a variados propósitos, nomeadamente nos cuidados de saúde com o objetivo de minimizar o aumento dos custos da assistência médica, aumentar a qualidade dos serviços de tratamento, e diminuir os erros de diagnóstico médico e os tempos de espera dos pacientes (Black, 2008). O conceito *Lean* também pode ser aplicado na construção civil com o intuito de aumentar o desempenho geral das atividades, de identificar, mapear e quantificar as atividades necessárias para a construção, assim como para eliminar os desperdícios (Alwi & Lecturer, 2004). Também de um ponto de vista sustentável, é possível observar a ligação de práticas *Lean* com práticas sustentáveis. De facto, Dües, Tan & Lim (2013) apresentam provas de como as práticas *Lean* são benéficas para as práticas ecológicas, e de que a implementação de práticas ecológicas, por sua vez, também apresenta uma influência positiva nas práticas *Lean*.

O principal objetivo da filosofia *Lean* consiste em aumentar a produtividade e eliminar os desperdícios. Todos os elementos da produção que têm um custo associado e que não acrescentam valor são considerados desperdícios, como é o exemplo do excesso de operadores e equipamentos. No entanto, o maior desperdício de todos é o excesso de *stock*, uma vez que implica investir na aquisição de um armazém maior e se traduz no aumento dos custos operacionais como é o caso do número de operadores. Na literatura são definidos 7 tipos de desperdícios (Pinto, 2009; Suzaki, 2010):

Esperas: consiste na diferença entre o tempo total de uma atividade e o tempo necessário para realizar essa mesma atividade. No sector da produção, este tempo pode ser o tempo em manutenção, tempo de mudança de *setup*, ou tempo de espera para a próxima operação. Este desperdício de tempo encontra-se diretamente ligado ao fluxo contínuo de valor, isto é, o tempo não é utilizado de forma eficiente. As esperas são relevantes para o *lead time*, o que contribui para a competitividade e satisfação do cliente (Wahab, Mukhtar & Sulaiman, 2013).

Transporte: trata-se de um desperdício uma vez que se perde tempo e recursos no transporte de um produto de um ponto para outro. A produção *Lean* defende que os produtos devem ser enviados diretamente para o seu local de produção, não passando por terceiros, o que implica reprocessamento e outros desperdícios (Kilpatrick, 2003).

Movimentos: este tipo de desperdício não se refere diretamente ao transporte do produto, mas sim aos movimentos desnecessários dos operadores, ou a uma atividade que não acrescenta valor. O desperdício associado ao movimento está relacionado com a ergonomia do local de trabalho, uma vez que um posto mal projetado afeta negativamente a produtividade e a qualidade, bem como a segurança (Dennis, 2007).

Processamento: o processamento excessivo implica a existência de etapas adicionais ou a utilização de um equipamento sobredimensionado ou não adequado, resultando no aumento do tempo e custo de processamento. Sucintamente, é uma atividade adicional acima dos requisitos e/ou necessidades (Miller et al., 2010).

Inventário: o excesso de *stock*, matéria-prima ou produto semiacabado não agregam valor, obrigam a aquisição de armazéns maiores e acumulam capital que poderia ser melhor aproveitado. De facto, uma empresa não pode atingir as estratégias de baixo custo se não tiver uma boa gestão dos seus *stocks*, os quais podem ser classificados como *stock* de matéria-prima, produto em produção, manutenção e produto acabado, e por fim *stock* operacional (Rahman, Sharif & Esa, 2013).

Sobreprodução: a produção em excesso ou sem solicitação do cliente consiste num exemplo claro de desperdício. A sobreprodução resulta no aumento de *stock* para além das capacidades de armazenamento, os produtos ficam muito tempo guardados e podem mesmo nunca vir a ser vendidos. Deste modo, trabalhar com *stocks* reduzidos melhora os níveis de qualidade, as taxas de rejeição, a taxa e prazo de entrega, e a satisfação do cliente (Sundar, Balaji, & Kumar, 2014).

Defeitos: refere-se a todos os produtos que não cumprem com os requisitos impostos pelo cliente e, como tal, necessitam de ser reciclados ou reprocessados. Os defeitos podem ser definidos como erros ocorridos durante a produção. Existem dois indicadores importantes relacionados com os defeitos: defeitos por oportunidade – DPO – e defeitos por milhão de oportunidades – DPMO (Hassan, 2013).

A prática *Lean* procurou desenvolver técnicas com o intuito de eliminar os desperdícios anteriormente citados. Como tal, existem cinco princípios básicos que podem ser aplicados para eliminar e reduzir os desperdícios (Bauch, 2004):

1. Valor: identificar e analisar o que acrescenta, ou não, valor na perspetiva do cliente;
2. Fluxo de valor: definir as atividades necessárias para a produção sem gerar desperdícios, independentemente se é um produto, serviço ou a combinação de ambos;
3. Fluxo contínuo: após identificar o valor, mapear o fluxo de valor e eliminar o que não acrescenta valor, de forma a garantir que o fluxo de valor é contínuo, sem paragens ou esperas. Para tal, torna-se necessário concentrar a gestão no fluxo de valor, eliminar barreiras organizacionais e aplicar as técnicas *Lean* de modo a tornar o fluxo contínuo;
4. Produção *pull*: produzir somente a quantidade requerida pelo cliente;
5. Perfeição: é um lembrar de que não existe fim na eliminação de desperdícios e na redução de custos e perdas.

A produção *Lean* recorre a diversas técnicas e ferramentas como é o exemplo do *Kaizen*, que significa uma contínua e incremental melhoria dos processos com o objetivo de originar mais valor e menos desperdício. *Kaikaku* consiste num procedimento que melhora significativamente as atividades uma vez que o seu foco se prende na eliminação de desperdícios, e é caracterizado por uma radical reorganização dos processos de atividades. *Hoshin Kanri*, por sua vez, é uma ferramenta para a estratégia de decisão, visto que ajuda os trabalhadores a se concentrarem nos fatores mais importantes e críticos de forma a atingirem os objetivos de negócio da empresa.

Para além destas metodologias de melhoria contínua existem diversas outras ferramentas mais operacionais que ajudam a implementar um ambiente *Lean* dentro das organizações. As duas (5S e SMED), que serão explicadas com maior detalhe nos próximos pontos, foram escolhidas dada a sua relevância para o trabalho desenvolvido.

2.2 5S

Os 5S incluem cinco regras que pretendem auxiliar a implementação de um ambiente de alta eficiência, pois procuram reduzir o desperdício e melhorar o desempenho dos operadores e dos processos através de uma abordagem muito simples. 5S são cinco palavras que, em japonês, começam por “S” (Pinto, 2009; Rueff Vieira & Cachadinha, 2011):

- Seiri (organização) – separar o útil do inútil;
- Seito (arrumação) – definir um local para cada coisa;
- Seiso (limpeza) – limpar cada zona do posto de trabalho e sua envolvente;

- Seiketsu (normalização) – definir uma norma geral de arrumação e limpeza do posto de trabalho;
- Shitsuke (autodisciplina) – praticar os princípios de organização, sistematização e limpeza.

Organização e arrumação é um assunto com pouco interesse, e quem já colocou em prática esta metodologia sentiu certamente dificuldades em manter os resultados após uma primeira implementação. Em muitas organizações não se praticam quaisquer metodologias de arrumação, apesar da arrumação e organização serem os primeiros passos que a gestão deve implementar de forma a favorecer as operações. Curiosamente, a melhor forma de avaliar a atitude de uma empresa face às ações de melhoria consiste em observar o chão da fábrica (Suzaki, 2010).

Com as melhorias na arrumação não se pretende apenas pavimentos limpos e prateleiras organizadas, mas reduzir igualmente o custo de produção. De seguida serão apresentados alguns exemplos de como a arrumação e a organização dos postos de trabalho podem ser fundamentais para reduzir os custos de produção:

- Os *kits* de ferramentas utilizados nas máquinas não devem ser somente arrumados, mas sim organizados de acordo com a frequência de utilização. Deste modo, os mais utilizados devem ficar mais próximos das máquinas de forma a facilitar as mudanças de *setup*;
- A limpeza dos pavimentos e das máquinas não são importantes unicamente para manter uma boa aparência, mas também porque superfícies limpas expõem a existência de problemas, tais como fugas de óleo e fissuras, permitindo, assim, que possam ser tomadas ações corretivas;
- As zonas de movimentação dos empilhadores devem encontrar-se desimpedidas de modo a não interferir e atrasar a movimentação de materiais;
- Peças ou ferramentas obsoletas devem ser guardadas num armazém para não interferir com o fluxo de trabalho diário de produção;

Uma metodologia de arrumação consiste na utilização de cartões de aviso de eliminação, os quais contêm a identificação de itens desnecessários, a descrição do que são, a que área pertencem e quando devem ser eliminados.

Outra metodologia passa pela realização de auditorias mensais. Sucintamente, um grupo de pessoas de diversas áreas da fábrica avaliam, de acordo com critérios pré-estabelecidos, a arrumação da fábrica. Os resultados destas auditorias devem ser afixados, e deve ser reconhecido e atribuído prémios a quem demonstra boas práticas. A auditoria pode conter os seguintes pontos na sua *checklist*: organização, ordenação, limpeza, segurança, metodologia e simplificação (Suzaki, 2010).

Em suma, é importante:

- Colocar junto das máquinas prateleiras para as ferramentas mais utilizadas, assim como as instruções de trabalho para o operador;
- Guardar ferramentas perto do local onde vão ser utilizadas;
- Identificar áreas de armazenamento de *stock*;
- Pendurar as ferramentas mais utilizadas para facilitar o acesso, de forma a não perder tempo a ‘pegar e pousar’.

2.3 SMED

O SMED (*Single Minute Exchange of Die*) consiste noutra ferramenta utilizada pela produção *Lean* com o intuito de reduzir os desperdícios, mas de um ponto de vista de mudança de *setup* de máquinas (Pinto, 2009).

Em 1985 foi publicada a primeira explicação de Shigeo Shingo sobre SMED, a qual se tornou a principal referência quando se trata da redução dos tempos de *setup* das máquinas (Sugai, McIntosh, & Novaski, 2007). Shigeo Shingo, juntamente com outros grandes nomes, foram os líderes na revolução industrial, e defendiam ser possível projetar o sistema de produção para ser responsivo às mudanças. As indústrias que Shigeo Shingo visitou apresentavam todas as mesmas dificuldades: diversificação e baixos volumes de produção (lotes de pequenas dimensões) que contribuíam para o mesmo problema, a necessidade de frequentes mudanças de *setup*. Estas mudanças requerem principalmente duas tarefas: calibração das máquinas e mudanças de ferramentas. Quanto maior forem o número de mudanças de *setup*, e os tempos dessas mudanças, maior será o tempo de inatividade dos equipamentos, sendo que estes tempos fazem parte dos sete desperdícios de um ambiente de produção.

Admitindo que não é possível diminuir o número de mudanças de *setup* é, no entanto, sempre possível reduzir o tempo dessa mesma mudança. Para isso é necessário aplicar a metodologia SMED que se trata de uma teoria e de um conjunto de técnicas que, quando aplicadas, permitem a mudança de *setup* em menos de dois minutos ou num intervalo de um dígito de minuto. Apesar de nem todas as mudanças poderem ser completadas nestes tempos, esse é o objetivo da metodologia, e mesmo nessas situações é possível diminuir os tempos drasticamente. Outra aplicação de SMED, esta numa escala muito mais pequena, foi descrita por Joshi & Naik (2012) numa indústria especializada na produção de garrafas. Esta aplicação tinha 3 principais objetivos: flexibilidade – responder de uma forma mais rápida aos pedidos dos clientes; capacidade – aumentar a capacidade de processamento através da redução dos tempos de mudança de *setup*; e, por fim, redução dos custos associados à produção. Os resultados, após 30 dias, foram uma redução de 20% nos tempos de mudança de máquina, um aumento de produção de 168 para 176 garrafas por dia e uma redução de 30% nos custos de produção.

É possível verificar a aplicação do SMED em diversas indústrias, mas sempre com o mesmo objetivo de diminuir os tempos de mudança de *setup* e de eliminar desperdícios. Um exemplo da sua aplicação é descrito por Faccio (2013) no que se refere a um problema de balanceamento típico de uma linha de montagem. Neste caso, existiam dois tipos de mudança de *setup*, uma mudança de máquina composta por ferramentas, reprogramação e reposicionamento, e uma segunda mudança para as máquinas de transferência na qual era necessária uma reconfiguração e mudança de paleta. Com a aplicação de SMED foi possível uma redução de 59% dos tempos de mudança, e após o balanceamento, uma redução de 79%.

A metodologia SMED pode ser dividida em 4 passos diferentes. O primeiro é o passo preliminar, no qual as atividades internas (que apenas podem ser realizadas quando a máquina não se encontra em funcionamento) e as atividades externas (que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento) não estão diferenciadas. O segundo passo consiste em separar as atividades internas das externas. Por sua vez, no terceiro passo procura-se passar todas as atividades que apenas se podem efetuar com a máquina em não funcionamento para atividades que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Com esta mudança pretende-se ganhar tempo útil de máquina em funcionamento, já que essas atividades não requerem tempo de paragem de máquina. Assim sendo, neste passo passam-se todas as atividades possíveis de internas para externas. De realçar, todavia, que nem todas as atividades internas podem passar para externas, e na maioria das situações é necessário modificar ou subdividir atividades para que possam ser consideradas externas. Por fim, o quarto passo consiste em melhorar todas as atividades, quer externas quer internas, através da procura de formas, métodos e alterações aos processos para que todas as atividades de mudança de *setup* sejam realizadas de forma mais eficiente (Mali & Inamdar, 2012).

2.4 Teste de Kruskal-Wallis

A recolha dos dados dos tempos de paragem levantou a necessidade de fazer o seu tratamento estatístico. Nessa perspetiva, utilizaram-se algumas estatísticas descritivas simples para perceber o comportamento global dos dados. Contudo, após esta análise inicial ponderou-se efetuar uma análise de variância, ANOVA *two-way*, para verificar a existência de diferença estatística entre os valores antes e depois da implementação das melhorias no sector e entre os três turnos. Para tal, foi necessário testar os pressupostos iniciais de forma a validar as condições para a aplicação do teste referido, sendo necessário verificar a homogeneidade de variâncias da amostra e a independência dos erros. Para esse efeito recorreu-se ao teste de igualdade de variâncias do erro de Levene e a um teste F, não tendo sido possível validar as condições para aplicar a ANOVA *two-way*.

Como não foi possível aplicar esse teste paramétrico, foi necessário aplicar um teste não-paramétrico, tendo-se optado, pelo teste de Kruskal-Wallis ou teste H, que permite comparar

duas ou mais amostras independentes. É uma extensão do teste de Mann-Whitney para mais de duas amostras. Neste pretende-se verificar se as populações têm distribuições idênticas, por oposição à alternativa que considera que as populações não têm distribuições idênticas (Foreman & Corder, 2013).

Dado que foi o teste aplicado, descreve-se, de seguida, com maior detalhe o método de Krukal-Wallis:

Definir as hipóteses (nula e alternativa) do teste

H_0 : k populações em distribuições idênticas

H_1 : pelo menos duas das k populações diferem na localização

R_i : posto médio ou *rank*

Posto médio: média das classificações dos postos das observações das amostras, isto é, as amostras são classificadas de 1 a n , de menor para maior. De acordo com as classificações das observações, é calculada a média e atribuído um valor de posto médio para cada amostra.

$H_0 : R_1 = R_2 = R_k$

$H_1 : R_1; R_2; \dots; R_k$ não são todos iguais

Apresentar a estatística do teste a utilizar

Estatística sem ligações entre grupos

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k n_i \left(R_i - \frac{N+1}{2} \right)^2$$

Definir a regra de decisão e o nível de significância

Rejeitar hipótese nula H_0 se $H > X_{k-1,1-\alpha}^2$

Nível de significância: 1%

Com base no valor de prova do teste será possível rejeitar, ou não, a hipótese nula, caso este seja menor, ou não, que o nível de significância definido para o teste.

Capítulo 3 – Projeto

No presente capítulo será efetuada uma breve descrição da empresa assim como do setor no qual o trabalho foi realizado. Segue-se a identificação das principais carências/falhas no que respeita ao funcionamento do setor de escolha e embalagem, a qual é acompanhada de propostas de soluções e melhorias a implementar para a sua resolução.

3.1 Descrição da empresa

A PECOL Automotive S.A., empresa na qual o trabalho descrito no presente relatório foi desenvolvido, surgiu da PECOL, em 2001, sob o nome PECOL II – Componentes Industriais, Lda. A sua produção baseia-se em componentes especiais de fixação através do processo de estampagem a frio, sendo o seu foco a indústria automóvel internacional. A PECOL pertence ao grupo de investimento PCL – Investimentos, de origem industrial, tendo sido fundada em 1983 em Águeda. O Grupo PCL – Investimentos encontra-se implementado em Portugal, Espanha, Itália, Angola, Brasil e Marrocos. A missão da PECOL pode ser definida em 4 pontos diferentes: **(i)** promover a máxima eficiência operacional em todas as áreas da empresa, otimizando recursos financeiros, operacionais e humanos de forma a melhor satisfazer os clientes; **(ii)** assegurar a máxima satisfação das necessidades dos clientes, promovendo parcerias sólidas e tendo como pilares a confiança mútua, transparência e seriedade; **(iii)** promover elevados padrões de conduta e responsabilidade social, estabelecendo relações sólidas, consistentes e de benefício comum, com todos os parceiros de negócio, clientes, fornecedores e colaboradores; **(iv)** criar uma dinâmica de inovação e melhoria constante nos produtos e no nível de serviço prestado aos clientes (“O Grupo | PECOL – Sistemas de Fixação, SA”, 2018). Existem diversas empresas que pertencem ao grupo nomeadamente: PECOL - Sistemas de Fixação, S.A., Retsacoat, Sermocol, PECOL Automotive S.A. e Inkator, S.A.

A PECOL – Sistemas de Fixação, responsável pela criação do grupo de investimento, disponibiliza produtos e serviços na área da fixação e montagem, para todo o tipo de indústrias. Comercializa, entre outras coisas, equipamento industrial, equipamentos de proteção individual e equipamento de manutenção industrial. Esta possui uma unidade de produção de componentes por estampagem a frio e um armazém com capacidade para 45.000 paletes.

Outra empresa do grupo é a Retsacoat responsável pelo tratamento de superfícies anticorrosivas. Os revestimentos podem ser: Zincados, Niquelados, conjuntos Zinco-Níquel e Fosfatados. Até ao momento, esta empresa é, em Portugal, a única com licença para a aplicação de Dacromet e Geomet. Existe na empresa um forno de desidrogenização, equipamentos de granalhagem e duas câmaras para ensaio de nevoeiro salino.

Por sua vez, a Sermocol é responsável pela produção e comercialização de uma ampla gama de ferramentas para o ramo industrial. Utiliza aço e metal duro de forma a obter as melhores ferramentas e de melhor qualidade.

Devido à localização da PECOL Automotive S.A. num parque industrial, onde estão também inseridos a PECOL – Sistemas de Fixação, a Restsacoat e a Sermocol, a empresa consegue ter todo o seu processo produtivo no mesmo sítio. Importa ainda referir que esta se encontra certificada pela ISO/TS 16949, norma obrigatória para operar no sector industrial automóvel.

A Inkator, S.A. encontra-se sediada e localizada em Barcelona e, à semelhança da PECOL Automotive, produz componentes especiais de fixação para o mercado industrial automóvel. A sua aquisição deveu-se aos quarenta anos de experiência produtiva no ramo e à ideia de criar uma posição estratégica fora de mercado nacional.

3.2 Descrição do processo produtivo

O processo produtivo inicia-se com a receção dos pedidos internos de fabrico pelo departamento de produção. São emitidas as respetivas Ordens de Fabrico e anexadas as fichas técnicas. Em colaboração com o departamento de compras, engenharia e logística são verificadas as necessidades de matéria-prima. Em seguida, são planeados e elaborados os planos de produção e verificadas as necessidades de ferramentas. Segue-se a realização do subprocesso de decapagem e fosfatação da matéria-prima. São preparadas as ferramentas e matérias-primas para o fabrico e são executadas as Ordens de Fabrico, sendo o produto identificado. Por fim é necessário monitorizar e identificar o estado de inspeção e ensaio do produto em curso e final, colocar os produtos terminados no armazém, recolher e tratar dados das Ordens de Fabrico, por forma a identificar não conformidades, e implementar ações corretivas e preventivas. O processo produtivo termina com a elaboração e revisão do documento de suporte.

Os clientes podem ser revendedores para as *Original Equipment Manufacturer* (OEM) ou podem eles próprios ser OEM. Os produtos que lhes são fornecidos encontram-se quase sempre ligados a sistemas de fixação próprios para o ramo automóvel.

O processo de transformação da matéria-prima até o produto final passa por inúmeras etapas, desde a receção do material nas instalações, armazenagem, decapagem e fosfatação (este processo realiza-se através dos agentes corrosivos exteriores/ambientais). A matéria-prima passa por um tratamento térmico de forma a reorganizar as moléculas e permitir a sua melhor transformação. De seguida realiza-se um conjunto de processos mecânicos: estampagem e roscagem, que colmata no tratamento de superfície. Antes da expedição os produtos produzidos passam ainda por um processo de verificação de modo a garantir que o produto se encontra de acordo com as especificações do cliente, terminando com a sua embalagem.

De acordo com o mencionado anteriormente, apresenta-se a Figura 1, relativa ao esquema do processo produtivo da empresa PECOL Automotive.



Figura 1 – Processo produtivo da empresa PECOL Automotive

3.3 Descrição das atividades produtivas

Com base nos procedimentos consultados na empresa foi possível proceder à descrição das atividades chaves gerais que descrevem o processo produtivo, as quais são enumeradas e sucintamente descritas nos pontos que se seguem:

- **Rececionar pedidos internos de fabrico:** do processo de logística chegam os pedidos internos das necessidades de produto acabado em registo informático, através do Pedido à Produção;
- **Emitir Ordens de Fabrico:** o planeamento do departamento de produção lança a Ordem de Fabrico no SI;
- **Verificar necessidades de matéria-prima:** durante a emissão das Ordens de Fabrico são analisadas as necessidades de matéria-prima de modo a desencadear o processo de aprovisionamento das mesmas;
- **Verificar necessidades de ferramentas:** as necessidades de ferramentas são efetuadas pelo departamento de engenharia, e esta análise é realizada tendo como base as existências, os *stocks* mínimos da ferramenta de maior consumo ou as necessidades pontuais de produção de alguns produtos menos usuais;
- **Elaborar planos de produção:** o planeamento da produção é efetuado por distribuição das Ordens de Fabrico pelas máquinas de acordo com as capacidades de fabrico e respeitando os seguintes critérios:
 - Prazos estabelecidos;
 - Especificidade do produto;
 - Medida do diâmetro do arame no qual a máquina está montada;
 - Informação de urgências proveniente do departamento de logística e/ou do departamento comercial.
- **Subprocesso de decapagem e fosfatação:** de modo a preparar as matérias-primas para a produção as mesmas são decapadas e fosfatadas;

- **Preparar ferramentas:** as ferramentas para a produção têm de ser selecionadas e colocadas em conjuntos para serem montadas nas máquinas;
- **Preparar matéria-prima:** os rolos são retirados do armazém de matéria-prima fosfatada, colocados em suportes próprios, sendo posteriormente desamarrados/retiradas as cintas metálicas sendo-lhes feita uma ponta de modo a ser possível a sua introdução na máquina e, por fim, são transportados para o local de entrada das máquinas de estampar;
- **Executar Ordens de Fabrico e identificar o produto:** em cada etapa de fabrico, os equipamentos são regulados de acordo com:
 - Procedimentos operativos;
 - Ordens de Fabrico;
 - Gama operatória;
 - Matéria-prima indicada na Ordem de Fabrico e de acordo com as indicações de Ficha Técnica.
- **Emitir Ordens de Embalagem (OE):** o departamento de produção e logística emite a OE no SI de acordo com o fecho de fabrico ou documento anterior, caso existam etapas intermédias;
- **Executar OE e identificar o produto:** o produto acabado é selecionado e embalado de acordo com as especificações do cliente descritas na OE. A cada início de OE as peças são validadas pelo departamento de qualidade que recolhe e analisa amostras do produto;
- **Monitorizar e identificar o Estado de Inspeção, e ensaio do produto em curso e final:** as operações de inspeção são realizadas pelos operadores em autocontrolo e pelo departamento de qualidade através de inspeções ao produto em curso e ao produto terminado.
- **Registo dos resultados:** a inspeção realizada é registada no SI de acordo com o plano de controlo. Caso sejam detetadas não conformidades dever-se-á proceder às correções necessárias.

3.4 Processo produtivo do sector de escolha

O sector de escolha e embalagem representa a última etapa do processo produtivo e é responsável pelo controlo de conformidade dos produtos produzidos e pela respetiva embalagem do material conforme. Este sector encontra-se dividido em seis zonas:

1. Armazém 20 – todo o material rececionado proveniente das etapas anteriores é colocado nesta zona, onde é guardado e organizado de acordo com o seu tipo de acabamento e no qual fica guardado até ser colocado nos *buffers*;

2. Armazém 21 – o material que foi escolhido e embalado é colocado temporariamente neste armazém antes de entrar nas estantes do armazém da logística;
3. Zona de trabalho para a escolha manual – onde a conformidade das peças é verificada manualmente;
4. Zona de trabalho da escolha automática – consiste na maior área de trabalho, sendo composta por vinte e seis máquinas, e é responsável pela escolha automática e embalagem do produto acabado. Foi nesta última zona – escolha automática e embalagem – na qual se focou o presente trabalho;
5. Zona de embalagem – composta unicamente por um posto de trabalho dedicado somente à embalagem de material;
6. Zona de formadora – composta por uma máquina de formar caixas para embalagem e uma bancada para formar caixas manualmente.

3.4.1 Descrição das máquinas de escolha automática

As máquinas de escolha automática e embalagem incluem nove tipos de máquinas diferentes responsáveis pela escolha de diversos tipos de artigo e classificadas de acordo com as suas características. Dentro destes nove tipos de máquinas existem marcas de máquinas diferentes: em maior número existem vinte e uma máquinas DIMAC (marca Italiana), três máquinas da marca MECTRON (Estados Unidos da América), uma máquina PACE e outra CHAMPS (ambas Italianas). Apresenta-se de seguida a Tabela 1 que contém a designação e número das máquinas assim como as terminações utilizadas nas etiquetas para embalagem.

Todas as máquinas, sem exceção, são utilizadas para verificar a conformidade dos artigos em escolha e, em caso de conformidade, direcionam as peças para caixas que serão posteriormente fechadas. A verificação das peças pode estar relacionada com a conformidade dimensional, dureza, presença de fissuras ou, mecanicamente, por punção a conformidade do furo. A verificação a nível dimensional é caracterizada pelo tipo de escolha:

- Escolha 360° – as máquinas efetuam uma inspeção de 360° à peça. Para tal ser possível é necessário que a peça rode em frente a câmaras com um mínimo de três fotografias;
- Escolha simples – as máquinas validam a conformidade da peça com base na inspeção de apenas uma face da peça. Deste modo é tirada uma única fotografia à peça.

Tabela 1 – Designação e número das máquinas e terminação utilizada nas etiquetas para embalagem

Designação da máquina	Número da máquina	Terminação
MCV0	6069	55
MCV1-1	6023	50
MCV1-2	6022	
MCV1-3	6067	
MCV1-4	6074	
MCV1-5	6075	
MCV1-6	6077	
MCV2-1	6024	40
MCV2-2	6025	
MCV3	6026	80
MCV4-1	6027	30
MCV4-2	6029	
MCV4-3	6033	
MCV4-4	6047	
MCV4-5	6048	
MCV4-6	6049	
MCV4-7	6066	
MCV5-1	6030	10
MCV5-2	6039	
MCV5-3	6034	
MCV5-4	6076	
MECTRON 1	6028	20
MECTRON 2	6038	
MECTRON 3	6065	
CHAMPS	6068	70
PACE	6071	90

Regra geral, todas as máquinas funcionam da mesma forma: são compostas por um pulmão, no qual é despejado o material, que vai alimentando um vibrador circular. Esse vibrador, por sua vez, fornece peças para um disco ou para calhas, por forma a que a máquina possa efetuar a verificação. Por fim, todas as máquinas possuem uma interface gráfica que permite aos operadores efetuar, entre outras coisas, o controlo da produção e a mudança de *setup* no *software*. Assim, é possível decompor todas as máquinas de escolha automática em 6 partes distintas:

1. Pulmão (Figura 2): encontra-se localizado na parte traseira do equipamento, sendo o material que vai ser processado pela máquina despejado nesta unidade. Todos os pulmões são iguais dado que são compostos por uma unidade de vibração que é, por sua vez, controlada por um módulo que permite o seu ajuste. O pulmão é ativado automaticamente por um sensor que deteta o nível de material dentro do vibrador circular;



Figura 2 – Pulmão de abastecimento

2. Vibrador circular (Figura 3): todas as máquinas de escolha automática possuem um vibrador circular, no entanto a sua geometria pode variar. Este componente é responsável por alinhar, orientar e alimentar o material para o disco ou calha. Como tal permite que as peças sejam sempre controladas na mesma posição. À semelhança do equipamento anterior, o vibrador é controlado por uma unidade de controlo ajustável e o seu funcionamento é automático e controlado por sensores lasers;



Figura 3 – Vibrador circular

3. Disco ou calha (Figura 4): esta unidade permite estabilizar e colocar o material em frente às estações de controlo. De forma sucinta, o disco ou calha rodam de modo a cada peça passar uma única vez por cada estação e, no final, existem duas unidades pneumáticas que empurram as peças para a conduta das peças conforme ou para a

conduta das peças não conforme. Existem diferentes discos dependendo do tipo de máquina ou da métrica e tipo de material a ser inspecionado.



Figura 4 – Disco

4. Interface gráfica (Figura 5): a interface gráfica é composta por um computador completamente funcional, com ligação à rede *Internet*, *Windows* e *software* de controlo da marca do equipamento. Adicionalmente, é também composta por um teclado, rato, monitor *touch* e um *Power Line Communication* (PLC), responsável por fazer a ligação e controlo entre o computador e a máquina. Através do computador são realizadas as afinações e configurações necessárias para verificar a conformidade dos artigos. Os operadores utilizam esta interface para controlarem a inspeção e certificarem-se de que o processo decorre como planeado. Existe também um conjunto de ajudas, protocolos, e procedimentos disponíveis na rede para que os afinadores consultem sempre que necessário.



Figura 5 – Interface gráfica

O *software* da DIMAC é semelhante aos *softwares* das outras marcas de máquina de escolha automática (Figura 6). Trata-se de um *software* no qual se encontra sempre descrito o cliente e a nomenclatura do artigo em escolha. Na Figura 6 é possível visualizar a fotografia tirada pela máquina em tempo real assim como os valores de leitura que correspondem à fotografia. Todas as características que estão a ser controladas encontram-se descritas e são apresentadas as suas respetivas tolerâncias.



Figura 6 – Software DIMAC

Para cada uma dessas características é possível visualizar um gráfico denominado *Statistic Process Control* (SPC) (Figura 7), o qual permite verificar a distribuição das leituras expressa na forma de um gráfico de barras. O SPC também disponibiliza uma análise estatística simples para rápida interpretação.

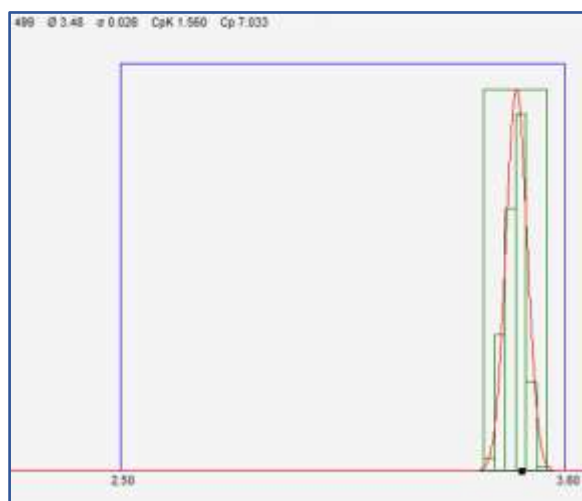


Figura 7 – Gráfico SPC

5. Saída das peças OK (Figura 8): as peças inspecionadas que se encontram em conformidade com o requisito dos clientes são enviadas para a saída das peças OK, e caem posteriormente para as caixas de embalagem. Tanto na saída das peças OK como das NOK existe sempre uma unidade que permite bloquear a queda das peças para as caixas. Sempre que necessário a máquina faz esse bloqueio e envia a respetiva mensagem para o PLC.



Figura 8 – Saída das peças OK

6. Saída das peças NOK (Figura 9): as peças que não cumprem com os requisitos do cliente são enviadas para esta saída. Todas as peças não conformes são repassadas no máximo uma vez na máquina de forma a diminuir a possibilidade de falsa rejeição.



Figura 9 – Saída das peças NOK

O primeiro tipo de máquinas é composto unicamente pela MCV0 com a terminação 55, utilizada para selecionar parafusos de métrica pequena, de M1 a M5. Possui duas câmaras, uma lateral e outra vertical, que podem captar fotografias utilizadas para verificar a conformidade dos artigos. De seguida apresenta-se a Figura 10 ilustrativa das câmaras lateral e vertical.



Figura 10 – Câmaras lateral e vertical da máquina MCV0

Todas a máquinas da marca DIMAC: MCV1, MCV2, MCV3, MCV4 e MCV5, baseiam-se no mesmo princípio de leitura para verificação da conformidade dos artigos. As fotografias captadas por estas máquinas são de tonalidade preto e branco. Estas máquinas efetuam a sua leitura utilizando um conjunto de características e propriedades disponibilizadas pela marca. Entre outras propriedades, é possível configurar as máquinas para lerem diâmetros, comprimentos, qualidades de rosca, ângulos e mais.

Na Figura 11 é possível verificar uma fotografia de um parafuso; em concreto a leitura efetuada pretende medir o comprimento da rosca e verificar se esta medida se encontra em conformidade com os requisitos do cliente.

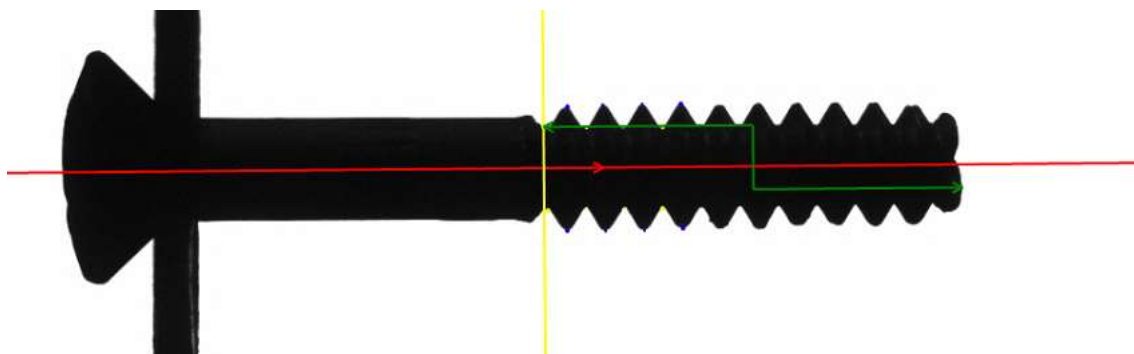


Figura 11 – Leitura da câmara lateral da MCV0 referente ao comprimento de rosca

Com exceção das máquinas MCV3 e MCV2, todas as máquinas da marca DIMAC possuem câmara vertical, na gíria denominada de TOPCAM. Com este equipamento é tirada uma fotografia da parte superior do artigo, como evidenciado na Figura 12, a qual pode ser utilizada para verificar defeitos que não sejam visíveis com as câmaras laterais. Entre outras aplicações, é possível verificar: presença de rebarba na cabeça do parafuso ou dentro de um furo, diâmetros e excesso de acabamento dentro da cabeça do parafuso.

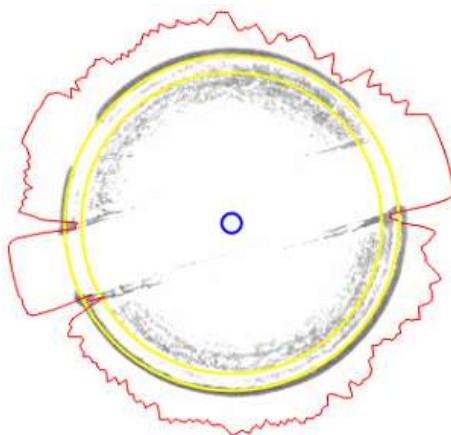


Figura 12 – Leitura da câmara vertical da MCV0 evidenciado a parte superior do artigo

O segundo tipo de máquinas são as MCV1 com a terminação 50, as quais são muito semelhantes às MCV4 mas com características um pouco menos completas. Dependendo da configuração, estas podem possuir até três câmaras laterais e duas câmaras horizontais. No caso da MCV1-4, representada na Figura 13, estas possuem um equipamento denominado MAPOSS, que é responsável por detetar a presença de fissuras na cabeça dos parafusos.



Figura 13 – Componente MARPOSS da máquina MCV1-4

Por sua vez, a MCV1-5 possui uma configuração desenvolvida para verificar a conformidade de quatro tipos diferentes de artigos: M7 rosca direita ou esquerda e M9 rosca direita ou esquerda, sendo utilizada no ramo automóvel no sistema de travões. Devido à complexidade destes quatro artigos, e dos elevados requisitos de qualidade por parte do cliente, são utilizadas vinte fotos por peça e quatro câmaras laterais de forma a captar diferentes ângulos, como demonstrado na Figura 14.



Figura 14 – Disposição das câmaras da máquina MCV1-5

A MCV1-1 e a MCV1-2 foram das primeiras máquinas de escolha instaladas no departamento de escolha. Apesar de serem mais antigas possuem uma câmara lateral e uma vertical com exatamente as mesmas funcionalidades das máquinas mais recentes.

O terceiro tipo de máquina consiste na MCV2 com terminação 40. Estas máquinas são utilizadas para escolher peças sem cabeça, como por exemplo pernos e casquilhos, que não podem ser controladas nas outras máquinas. Possuem somente uma câmara lateral e a sua cadência média ronda as sessenta peças por minuto. Apesar de ser uma prática pouco corrente neste tipo de máquinas, estas encontram-se habilitadas para verificar a dureza das peças. Como é possível observar na Figura 15 que se segue, estas máquinas distinguem-se sobretudo pela forma como escolhem as peças ao possuírem apenas uma câmara lateral que capta as imagens através de uma calha de vidro. Devido à sua configuração é impossível a verificação das peças a 360° ou com mais que uma foto por passagem em frente à câmara. Adicionalmente também não é possível efetuar uma verificação das características da cabeça das peças, ao contrário do verificado para as restantes máquinas com câmara vertical.



a)

b)

Figura 15 – Câmara e calha de vidro da máquina MCV2 em vista frontal (a) e posterior (b)

O quarto tipo de máquinas é a MCV3 com terminação 80, existindo apenas uma única máquina que é responsável somente pela escolha de casquilhos de grande dimensão, sendo também esta uma das primeiras máquinas que vieram para o sector de escolha e embalagem. Possui uma câmara lateral assim como um punção mecânico para verificar a conformidade do furo. Como representado na Figura 16, todo o seu funcionamento é similar ao das outras máquinas, no entanto esta máquina foi dimensionada para controlar a conformidade de artigos tipo casquilho de grande dimensão com a utilização de um punção mecânico.



a)

b)

Figura 16 – Câmara e punção mecânico da máquina MCV3 em duas perspetivas (a) e (b) diferentes

O quinto tipo de máquinas são as MCV4 com terminação 30 que, apesar de serem similares às MCV1, são mais complexas e permitem, entre outras coisas, a verificação de duas peças em simultâneo. Este tipo de máquina é muito usado para escolher peças complexas e para

verificação da presença de fissuras na cabeça. Na Figura 17 apresenta-se a mais recente das máquinas MCV4, a MCV4-7.



Figura 17 – Máquina MCV4-7

O sexto tipo de máquinas são as MCV5 com terminação 10, sendo estas utilizadas com o propósito de escolher peças, nomeadamente porcas, anilhas, e eixos de pequenas dimensões, ou com este tipo de configuração, que não parafusos ou pernos. À semelhança das anteriores, estas máquinas podem possuir uma ou mais câmaras laterais ou verticais, como evidenciado na Figura 18. Toda a parte de alimentação e interface gráfica é semelhante às restantes máquinas, mas o seu disco é em vidro de forma a ser possível a verificação através do mesmo. Isto é, à semelhança do verificado nas MCV2, é possível a captação de imagens para verificação da conformidade das peças através do vidro.



Figura 18 – Máquina MCV5 evidenciado as suas três câmaras (a) e o disco de vidro (b)

O sétimo tipo de máquinas são as MECTRON com terminação 20, para as quais existem 3 máquinas iguais e que são completamente diferentes das anteriores (Figura 19). Estas utilizam um sistema composto por conjunto de laser e recetores de forma a criar um perfil da peça e verificar a sua conformidade, como demonstrado na Figura 20. Estas máquinas são responsáveis por escolher peças com grande comprimento e podem igualmente verificar a sua dureza. Apresentam uma calha metálica que utilizam para transportar as peças até aos lasers, e ainda possuem um sistema que lhes permite, então, verificar a conformidade da dureza das peças, como anteriormente referido.

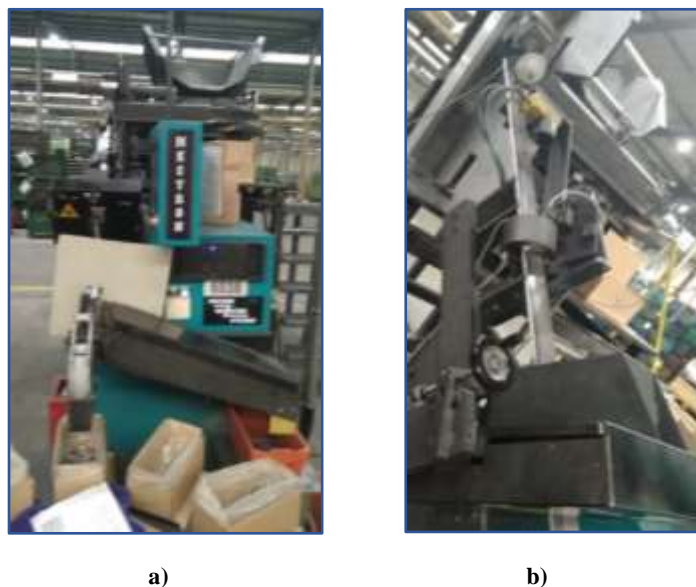


Figura 19 – Máquina MECTRON 2 em vista frontal (a) e lateral (b)



Figura 20 – Conjunto de lasers e recetores da máquina MECTRON 2

O oitavo tipo de máquina é a CHAMPS com terminação 70, sendo os seus princípios de funcionamento muito parecidos aos das DIMAC, com disco metálico e câmaras de inspeção (Figura 21). A grande maioria das peças escolhidas por estas máquinas são rebites 4X21 ou 4X31. Este tipo de máquina possui duas câmaras laterais, uma para controlar a cabeça do rebite e uma segunda para controlar o restante da peça. A cadência média destes artigos nesta máquina é de 450 peças por minuto.

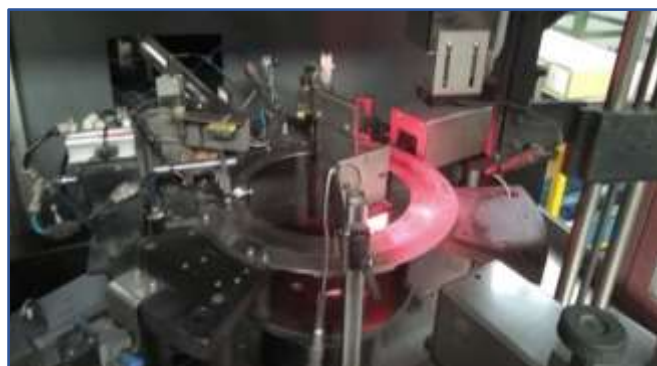


Figura 21 – Sistema de inspeção da máquina CHAMPS

Por fim, o nono tipo de máquina é a PACE, também muito parecida com as DIMAC e que, à semelhança da CHAMPS, encontra-se programada para escolher apenas somente um artigo. Neste caso específico é utilizada para verificar o alinhamento de uma marca na peça, como evidenciado na Figura 22.

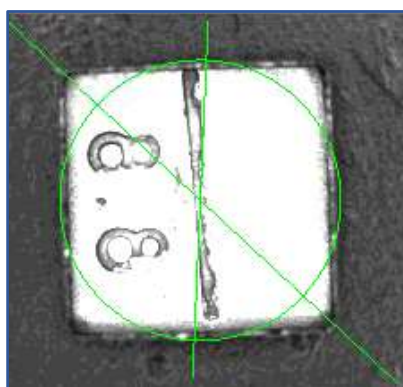


Figura 22 – Verificação do alinhamento pela máquina PACE

A máquina PACE tem, por sua vez, uma cadência média de 70 peças por minuto. Apesar desta máquina se encontrar dedicada a apenas um artigo, possui as mesmas funcionalidades que as máquinas da marca DIMAC no que respeita a sistema de câmaras, vertical e horizontal, e inspeção a 360°, como é possível constatar pela Figura 23.



Figura 23 – Sistema de inspeção da máquina PACE

3.4.2 Descrição das atividades do sector de escolha

No mapa de atividade apresentado em anexo (Anexo I), são descritas as atividades principais que são realizadas desde a receção de uma Ordem de Tratamento (OT) até o produto se encontrar embalado e guardado no armazém 21.

Assim que o sistema notifica a receção de uma OT, o departamento de qualidade é responsável por validar e emitir um relatório chamado de Relatório Técnico de Qualidade (RTQ), que autoriza o departamento de escolha a selecionar esse produto. Sempre que necessário o departamento de qualidade encontra-se disponível para dar apoio à produção. Assim que é emitido o RTQ, o departamento de escolha emite uma OE e planeia que esse material possa dar entrada em máquina. Ao emitir a OE é possível inserir observações importantes para a produção ou particularidades excepcionais. Antes de entrar em máquina o responsável de turno deve verificar o estado da matéria-prima de forma a dar sua aprovação. Já o afinador deve preparar o necessário para realizar a mudança de *setup* e assegurar o bom funcionamento da máquina após a intervenção.

Relativamente ao planeamento de produção do departamento de escolha, este é realizado de forma isolada dos restantes departamentos da empresa e é efetuado com base em dois principais fatores: as ordens de tratamento a montante e as necessidades do departamento de logística (expedição). Normalmente o planeamento é revisto e ajustado cerca de três vezes por dia, é muito proactivo e tenta sempre responder de forma rápida às mudanças e necessidades considerando os dois fatores anteriormente descritos. Apesar de existirem vinte e seis máquinas automáticas de escolha, nem todos os artigos podem ser escolhidos em qualquer máquina. Assim, o planeamento de produção tenta, tendo em conta as características e particularidades de cada grupo de máquina, encaixar cada artigo de forma a obter o melhor rendimento, apesar deste nem sempre ser o esperado.

O tratamento de superfície é um processo que ocorre a montante do departamento de escolha, sendo efetuado por uma empresa do grupo chamada Retsacoat, e encontra-se dividido nos seguintes tipos de tratamentos: Dacromet, Geomet, Granalhado, Zincado, Zinco Níquel e Decorativo. O Dacromet é um revestimento anticorrosivo não eletrólito, de base aquosa, composto por zinco e alumínio em diversas matrizes de óxidos de crómio. O Geomet, por sua vez, consiste num revestimento semelhante ao Dacromet mas com lubrificação integrada dispersa numa matriz inorgânica. Estes dois tipos de tratamento são realizados de forma semelhante ao processo convencional de pintura, camada a camada, até atingir a espessura desejada de acordo com os requisitos do cliente. O Granalhado é um processo de preparação de superfícies com vista à aplicação dos revestimentos. Antes de ser processado, o material é desgordurado e passa por um controlo de qualidade; só depois é que segue para a granalhagem (processo de decapagem mecânica), onde é removida a oxidação e possíveis resíduos resultantes do tratamento térmico. O Zincado é um acabamento eletrolítico, caracterizado pelo seu baixo custo e aparência, sendo um dos revestimentos mais utilizados atualmente. O Zinco Níquel é semelhante ao acabamento em Zinco, isento de cianetos; contém na sua composição 85% a 88% de Zinco e o restante de Níquel, sendo que a sua passivação configura-lhe ainda várias cores. Por fim, o Decorativo é uma gama de acabamentos que abrange processos eletrolíticos, químicos e mecânicos. Este último revestimento pode ser aplicado a diversos materiais desde ferro, aço, latão, cobre, inox, entre outros.

O sector de escolha e embalagem, no qual o presente trabalho foi realizado, possui quarenta e três colaboradores, divididos em cinco funções: um responsável de sector, dois supervisores, nove operadores de escolha manual, três turnos de operadores de dez colaboradores para a escolha automática e um operador para a logística interna. Relativamente à escolha automática, estes três turnos trabalham nos seguintes horários: das 06h00 às 14h00, das 14h00 às 22h00 e das 22h00 às 06h00, sendo a rotatividade destes horários realizada uma vez por mês. Cada turno é constituído por um responsável de turno, três afinadores de máquinas e seis operadores.

Na Figura 24 apresenta-se o *layout* com a disposição das máquinas de escolha automática e as zonas de trabalho. Como se pode verificar existem seis zonas de trabalho para os respetivos seis operadores, os quais ficam responsáveis por uma determinada zona durante um turno e mudam de zona no dia seguinte.

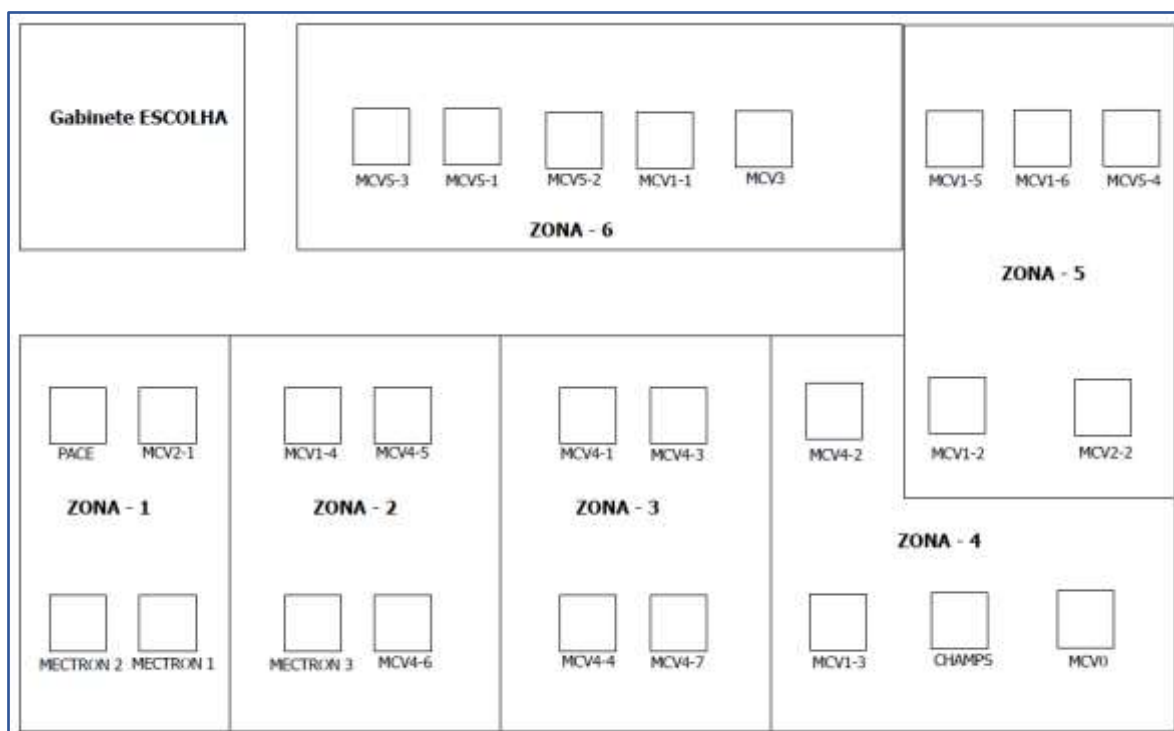


Figura 24 – Layout da disposição das máquinas de escolha automática e das zonas de trabalho

Os operadores ficam responsáveis por um determinado grupo de máquinas, no qual têm de fechar e etiquetar caixas, desencravar máquinas (quando necessário) e manter o bom funcionamento geral das mesmas. Cada máquina possui uma bancada de trabalho, junto à saída das peças OK e NOK, como é possível constatar na Figura 25.



Figura 25 – Bancada de trabalho

Os operadores têm que pesar cada caixa dispensada pela máquina e completar a mesma com o número de peças descrito na OE e, se necessário, selar as sacas plásticas. Por fim, estes têm de formar uma palete com o número de caixas necessárias. Sempre que completarem uma palete devem retirá-la e transportá-la para o armazém 21. Os operadores são igualmente responsáveis por inserir no sistema um conjunto de operações, sendo este processo realizado a partir dos códigos de barras e da seguinte forma:

- Iniciar OE;
- Registo de paragens;
- Registo de produtos não conformes;
- Imprimir etiquetas;
- Fecho da embalagem.

No início de cada turno os operadores devem iniciar as OE no SI com o número que lhes foi atribuído e, no final de cada OE, devem efetuar o registo de forma a encerrar as respetivas ordens. Dependendo das circunstâncias os operadores podem iniciar o turno com as máquinas já em processo de escolha, sendo que, nesse caso, devem inserir no sistema esse evento. No entanto, podem igualmente receber as máquinas com um registo de paragem, por exemplo em processo de mudança de *setup*, falta de matéria-prima, avaria ou falta de afinador, entre outros. Nesse caso o operador deve começar por iniciar a OE, e fazer o registo de paragem conforme as circunstâncias.

Relativamente aos registos das operações, sempre que necessário, os operadores devem efetuar o registo de paragem de forma a evidenciar os acontecimentos que dizem respeito às máquinas durante o turno. Sempre que os operadores completam ou terminam a escolha de uma OE, devem fazer o fecho de embalagem, sendo que este registo serve para dar indicações ao sistema de que o material se encontra escolhido de modo a que o SI crie uma ordem de transferência. As ordens de transferência acompanham o material desde o armazém 21, onde são guardadas temporariamente, até serem colocadas nas prateleiras do armazém final da empresa. No final da escolha de cada OE os operadores devem ainda proceder ao registo no SI dos motivos de não conformidade que foram encontrados durante a escolha. De forma sucinta, a interface gráfica dá informações sobre os parâmetros que estão a ser verificados. Com base nisso, são inseridos no SI o top três dos parâmetros que suscitaram mais rejeições naquela OE, e são ainda guardados os relatórios das máquinas numa base de dados que se encontra disponível em cada máquina.

Os afinadores são operadores com a experiência necessária e comprovada para efetuarem as mudanças de *setup* e darem apoio técnico à produção. À semelhança dos operadores, estes devem proceder ao registo no SI das intervenções que são realizadas ao longo do turno. Sempre que necessário devem dar apoio aos operadores para fazerem estes registos. No final de cada mudança de *setup* os afinadores devem proceder ao registo num ficheiro Excel da mudança de

setup, no qual devem ser inseridos os dados referentes à respectiva máquina, lote, nome do afinador e velocidade a que a máquina foi deixada a produzir.

O responsável de turno tem geralmente mais experiência operacional e técnica do que os restantes colaboradores e, por isso, é responsável pela produção e pelo respetivo apoio, por garantir que toda a produção se encontra em conformidade com o planeado e por, no final de cada turno, fazer a passagem de informação para o turno seguinte.

Capítulo 4 - Trabalhos de melhoria

No presente ponto do relatório serão apresentados os oito trabalhos de melhoria implementados.

4.1 Melhorar a organização do sector

O primeiro passo para se encontrar medidas de melhoria passíveis de serem implementadas passa por conhecer o sector em questão. Desta forma, começou-se por conhecer o sector, descobrir quais as necessidades, e recolher *feedback* dos colaboradores sobre possíveis melhorias a implementar.

A primeira melhoria encontrada e implementada foi um conjunto de ajudas visuais. Nas vinte e seis máquinas foram colocados expositores (Figura 26) de forma a manter os documentos importantes como OE e OT num único local, organizados e devidamente identificados.



Figura 26 – Exemplo de um expositor de documentos de trabalho

Próximo de cada máquina encontra-se um caixote de sucata, o qual não se encontrava identificado. Como tal, procedeu-se à identificação de todos os caixotes do lixo ao longo do sector como evidenciado na Figura 27.



Figura 27 – Caixote de sucata localizado próximo de uma máquina

Existem três carrinhos de ferramenta para cada um dos 3 turnos. O lugar de estacionamento, assim como cada carrinho, foram identificados como demonstrado na Figura 28. As gavetas nas quais são organizadas as ferramentas foram identificadas conforme o tipo de ferramenta que se encontrava presente.



Figura 28 – Carrinho de ferramentas

Adicionalmente, foram criados locais devidamente identificados para guardar os acessórios das máquinas.

Todos os equipamentos utilizados na limpeza ou manutenção do sector foram também devidamente identificados, como é o caso de aspiradores (Figura 29), desengordurante, armários de acessórios e locais de cada acessório.



Figura 29 – Aspirador utilizado na limpeza do sector

4.2 Formar os colaboradores sobre os registos das não conformidades

Um dos primeiros problemas encontrados prendia-se com o registo de não conformidades no SI. Existia uma grande incerteza naquilo que era registado, assim como muitas dúvidas e erros nesses registos. Deste modo, identificaram-se quais os dados necessários para os colaboradores efetuarem os registos, nomeadamente:

- Quantidade de não conformes – se fosse superior a 10% seria necessário enviar o material rejeitado para o armazém 98 para serem analisados; caso contrário, seriam imediatamente enviados para a sucata;
- Top três das características controladas pela máquina na qual se registou maior quantidade de não conformes;
- Caso exista uma característica controlada externamente às contagens, como por exemplo o punção mecânico ou presença de fissuras, é necessário adicioná-la às contagens do material rejeitado;
- Atribuir uma percentagem a cada uma das características de acordo com o peso de cada rejeição;
- De acordo com o gráfico de barras cumulativo do top três características, determinar se a rejeição se encontra mais próxima do limite superior ou inferior;
- Inserir os motivos de não conformidade de acordo com as características existentes no SI.

Com base nos dados necessários para os colaboradores efetuarem os registos iniciou-se o processo de formação dos operadores, o qual foi realizado individualmente por exemplificação de cada operação e das ações necessárias para efetuarem o registo. Adicionalmente, começou-se também a verificar diariamente todos os registos efetuados, de todas as OE processadas. Em simultâneo, em todas as OE que rejeitaram mais de 10% do produto, começaram a ser analisados todos os relatórios de escolha das máquinas.

Como esperado, as ações de formação não foram suficientes, por si só, para corrigir todos os problemas e esclarecer todas as dúvidas. Por isso, com bases nos erros, continuou-se a formação e esclarecimento de dúvidas quando solicitado. A mudança foi notória uma vez que os erros encontrados diminuíram de 15 ou 20 erros por dia para somente um ou até mesmo nenhum. Atualmente ainda é necessário a verificação dos registos de não conformidade e, sempre que existe uma ocorrência de erros, os operadores são avisados sendo-lhes explicado o respetivo erro.

4.3 Organizar os armários das mestres dos artigos produzidos

Outro problema observado encontrava-se relacionado com a organização e gestão dos armários das mestres. Sempre que as máquinas têm de mudar de *setup*, os afinadores devem guardar a mestre referente ao *setup* anterior e retirar uma nova mestre do armário. Assim, foi necessário identificar as mestres obsoletas, e para isso estabeleceu-se que seriam retiradas as mestres com mais de dois anos de inatividade. No total existiam cerca de 950 mestres catalogadas e ativas, e foram identificadas 319 mestres que iriam passar a ser consideradas obsoletas. Seguidamente iniciou-se o processo de encontrar as mestres obsoletas nos armários. Após identificar a sua localização, guardou-se as mestres devidamente identificadas por ano e ordem alfabética para que, caso seja necessário, no futuro, possam voltar a ser ativadas.

Com o armário livre das mestres obsoletas organizou-se o mesmo de acordo com as mestres restantes, as quais foram distribuídas de modo a deixar espaço livre para adicionar futuras novas mestres. Retiraram-se os armários vazios e reorganizou-se o espaço disponível. De acordo com a identificação dos clientes, distribuiu-se as mestres por ordem alfabética.

Para cada mestre e respetiva localização, projetou-se e criou-se um *template* para novas etiquetas, elaboradas em computador e plastificadas, como se pode constatar pela Figura 30. Do lado esquerdo da etiqueta, e de forma bem visível, encontra-se a localização da mestre, por exemplo A1, A2, ..., Ax, e, do lado direito, de cima para baixo, respetivamente, o cliente, a métrica e o código do artigo da peça.

A5	CAILLAU M10x30 093321100302	A6	CAILLAU M8X70 000436157514
B5	CAILLAU 12X18(M8,2X1,25) 000461157505	B6	CAILLAU M8X12 000446157505

Figura 30 – Exemplo de uma etiqueta das mestres

Etiquetou-se cada gaveta de mestre, que foi de seguida guardada na sua respetiva localização (Figura 31).



Figura 31 – Armários das mestres com as gavetas devidamente identificadas

Em simultâneo, criou-se um ficheiro informático, e também em papel, para facilitar a localização das mestres nos armários. Este ficheiro encontra-se disponível na rede, sendo passível de ser consultado tanto nos computadores como nos postos de controlo.

De acordo com a opinião recolhida dos afinadores, com esta melhoria foi possível:

- Identificar rapidamente a localização das mestres;
- Atribuir, citação do afinador: *“uma nova imagem”* ao local onde se guardam as mestres;
- Eliminar a perda constante das etiquetas antigas que não se encontravam devidamente fixadas à gaveta;
- O processo de ir buscar as mestres – ir ao local, arrumar a mestre do *setup* anterior e encontrar a nova – melhorou substancialmente passando a ser menos penoso. Algumas citações dos afinadores: *“muito mais rápido”*, *“bem melhor”*, *“bem rápido”*.

4.4 Determinar a cadência de produção máxima de afinação por artigo

No início deste projeto foi identificada a necessidade de determinar as cadências de produção de cada artigo. Já existia no SI um local próprio para inserir o valor da cadência na ficha do artigo, no entanto esse trabalho nunca tinha sido realizado. De forma a atender esta necessidade começou-se por criar uma base de dados de cadência de cada artigo e, em paralelo, efetuou-se a inserção desses valores no SI. Em média são efetuadas vinte mudanças de *setup* por dia e, com base no valor da cadência da máquina, começou-se por criar e preencher a base de

dados. Diariamente são analisadas todas as cadências e, sempre que necessário, são inseridos novos artigos ou atualizados esses valores para o maior valor observado. Isto é, pretende-se determinar qual o maior valor de cadência observado, o qual é registado no SI. À data de entrega do presente relatório foram determinadas e inseridas no SI, as cadências de mais de 700 artigos.

Com este trabalho tornar-se-á possível:

- Determinar o valor máximo de cadência por artigo;
- Ajustar e melhorar o planeamento da produção;
- Prever com maior precisão o tempo de processamento;
- Estabelecer uma meta de cadência de afinação para os afinadores;
- Incentivar os afinadores a melhorarem o processo de afinação e escolha de modo a ultrapassar a meta estabelecida.

4.5 Determinar os fatores que afetam as cadências de produção

Após um longo período de reconhecimento do processo de produção e de obtenção de informação, foi possível determinar quais os fatores que afetam as cadências de produção, os quais serão detalhadamente explorados nas seções que se seguem.

4.5.1 Características das máquinas

Existem vários fatores capazes de influenciar as variações de cadência entre máquinas para o mesmo artigo, desde as próprias características das máquinas (mais câmaras disponíveis para realizar determinada configuração) até pequenas melhorias efetuadas no passado que se traduzem numa maior cadência. Como foi descrito anteriormente, a maioria das máquinas funciona com base em discos metálicos, os quais têm uma grande influência na velocidade de processamento. Estes discos são considerados ferramentas para as máquinas e não existem discos repetidos ou compatíveis entre máquinas, isto é, nem todas as ferramentas são passíveis de serem utilizadas nos diferentes tipos de máquinas, sendo que, por exemplo, os discos das MCV1, MCV4, PACE e CHAMPS são diferentes entre si. Os discos das máquinas são caracterizados pelo tipo de máquina na qual podem ser utilizados, sendo algumas das suas características específicas o diâmetro de furo, o número de furos por disco e a espessura do disco. Relativamente ao diâmetro do furo, este encontra-se relacionado com o diâmetro do artigo, isto é: para um parafuso M6 é necessário utilizar um disco com furação M6. De notar que o número de furos por disco vai depender do diâmetro da cabeça do parafuso e, em determinados casos, se o número de furos por disco for muito grande, os parafusos podem ficar em contato uns com os outros, ou até mesmo sobrepostos, o que impede o processamento. Na generalidade dos casos, quanto maior o número de furos por disco maior será a cadência obtida.

4.5.2 Geometria do artigo

Outro fator que influencia a cadência de determinado artigo é a sua própria geometria (geometria do artigo). Parafusos muito compridos ou com uma geometria que conduz a alguma instabilidade quando pousados no disco têm uma cadência muito inferior em comparação com parafusos semelhantes mas mais estáveis. Qualquer variação ou vibração em frente das câmaras responsáveis pelo controlo da peça influenciam a sua leitura, o que, por sua vez, provoca um aumento de rejeição por parte das máquinas ou, em último caso, o comprometimento da qualidade e precisão da escolha, podendo deixar passar peças não conformes para a saída das peças conformes (peças NOK para a saída das peças OK). Assim, é extremamente importante a estabilidade da peça na máquina e, na maioria das vezes, a solução para impedir estes fenómenos consiste em diminuir drasticamente a velocidade de processamento da máquina. Outro fator igualmente relacionado com a geometria das peças é a alimentação da máquina, isto é, uma peça até pode ser estável e ter uma velocidade de processamento no disco elevada mas apresentar graves problemas ao ser alimentada até lá. Devido às características da máquina, aos acessórios ou à afinação mecânica, pode ser impossível que um determinado artigo seja alimentado de forma a acompanhar a velocidade de processamento do disco que se encontra a jusante deste.

4.5.3 Tipo de tratamento de superfície

De acordo com o tipo de tratamento de superfície existem vários cuidados que devem ser tidos em consideração quando os materiais são processados pelo departamento de escolha, uma vez que este tratamento influencia, em diversos níveis, tanto a cadência da máquina, como os cuidados que os operadores devem ter em relação à própria afinação e configuração das máquinas.

No caso dos revestimentos em Dacromet e Geomet não existe nenhum cuidado particular a nível de configuração quando é necessário efetuar as mudanças de *setup*. No entanto, devido às características destes tipos de acabamento, os produtos, quando processados, libertam pó que, com o tempo, se deposita dentro e fora da máquina. Para além dos cuidados que os operadores devem ter em manter o seu sector e as respetivas máquinas limpas, devem limpar frequentemente o interior das máquinas. De facto, o pó libertado por este tipo de acabamento deposita-se nas câmaras e na envolvente, impedindo a correta leitura da máquina, o que se traduz num aumento de falsas rejeições, e, em alguns casos, na paragem do processamento da máquina. Desta forma, os operadores devem parar as máquinas com alguma frequência e iniciar o processo de limpeza, primeiro por recurso a ar comprimido e, posteriormente, com um pano e líquido adequado.

Todo este cuidado e necessidade em manter as máquinas limpas e isentas de sujidade resulta numa diminuição da cadência. No entanto, se este processo não é feito de forma

adequada, todo o processamento é comprometido, resultando no aumento de falsas rejeições e, em última instância, acabando por afetar a qualidade do processo de escolha.

O acabamento de Zinco, Zinco Níquel ou Decorativo não afeta o rendimento da máquina da mesma forma que os tipos de acabamento anteriormente referidos. Todavia, existe sempre um pó residual que pode acumular-se, de forma semelhante, dentro e fora das máquinas. No decorrer destes processos de tratamento de superfícies as peças são mergulhadas numa solução que pode conter um óleo específico e, se estas peças não estiverem devidamente secas e isentas de qualquer óleo, podem surgir erros na verificação da conformidade afetando, assim, o seu processamento. Este óleo acumula-se ao longo da trajetória das peças e mistura-se com o pó formando uma pasta espessa, a qual pode afetar o rendimento das máquinas de diversas formas e, no caso das máquinas com disco metálico, a pasta acumula-se no disco e aparece na leitura das câmaras, influenciando essa mesma leitura, como já verificado para as máquinas MCV1, MCV 4, PACE e CHAMPS. Nas máquinas com disco (MCV5) e calha (MCV2) em vidro, as peças deixam uma espécie de rasto nos vidros e travam as peças, mais uma vez comprometendo a verificação de conformidade das peças. No que respeita a alimentação das peças, que é semelhante em todas as 26 máquinas de escolha automática, essa pasta trava as peças e abrandando a velocidade de trajetória da peça resultando numa deficiente alimentação e, consequentemente, num decréscimo do rendimento das máquinas.

Por último, existem os produtos que não passam por qualquer acabamento de superfície, sendo utilizada a designação Sem Acabamento Granulado (SAG) para classificar essas peças. Estas peças podem apresentar óleo para não enferrujarem. À semelhança do descrito anteriormente, o óleo das peças em SAG afeta da mesma forma a verificação da conformidade das peças.

Como se descreveu, o acabamento de superfície influencia, a diversos níveis e com intensidades diferentes, a cadência e o rendimento de cada máquina. Isto verifica-se tanto nas cadências das máquinas como na leitura das mesmas, sendo o seu impacto diferente de lote para lote. Para o mesmo artigo, em lotes diferentes, o efeito do acabamento sofre variações, daí ser essencial e crítico os operadores estarem atentos e manterem as máquinas limpas. Os operadores mais atentos limpam a máquina mais frequentemente, ao passo que os restantes apenas o fazem em último caso. As máquinas de escolha continuam a processar até que o alarme “*demasiadas peças não conformes*” acenda e pare a máquina. Até esse momento a máquina continua a processar aumentando a falsa rejeição.

4.5.4 Afinadores

Outro fator que influencia a cadência das máquinas é a configuração feita pelo afinador. Apesar de todos os afinadores terem uma formação por forma a estarem habilitados a efetuar este procedimento, e todas as máquinas estarem em constante verificação e validação, podem

ocorrer variações de cadência. Existe um forte investimento em acessórios para as máquinas, tais como discos, sensores e outras ferramentas. No entanto, em certas alturas, uma determinada ferramenta pode já estar a ser utilizada e não se encontrar disponível, afetando assim a cadência de processamento. O mesmo se aplica ao que já foi descrito no planeamento pois existem artigos mais difíceis de configurar, sendo a experiência dos afinadores um fator determinante para a eficaz configuração das máquinas. A própria limpeza efetuada nas mudanças de *setup* pode influenciar o resultado final como, por exemplo, o agravamento do fenómeno de sujidade de óleo e pasta quando é efetuada a mudança de *setup* para tipos de acabamento diferentes. Por exemplo, um artigo em SAG ou Zincado deixa restos de óleo na máquina, e se, de seguida, entra na mesma máquina um produto com acabamento em Geomet, que liberta muito pó, o processamento adequado do material é dificultado.

De forma a combater este problema foi implementado um relatório de afinação que é preenchido pelos afinadores após cada mudança de *setup*. Neste relatório existe um conjunto de passos-chave que eles necessitam de verificar de forma a validar as máquinas. A implementação deste relatório contribuiu para que os afinadores efetuem menos erros e tenham um procedimento base com boas práticas de configuração. Este documento encontra-se dividido em duas partes, uma inicial na qual devem preencher as características do artigo e da máquina (máquina, artigo, lote, nome do afinador, e comentários como, por exemplo, em que parâmetros a máquina está a rejeitar) e uma segunda parte que contém uma *check list*. Esta *check list* encontra-se dividida em cinco partes: limpeza interior/exterior da máquina e da zona envolvente; afinação da parte mecânica da máquina; configuração do *software* DIMAC; validação da máquina, e singularidades. Este último campo designado por singularidades apresenta um conjunto de dicas importantes para as mudanças de *setup* (Anexo II).

4.6 Identificar as cadências de produção de cada artigo

Após determinar e analisar os fatores que afetam as cadências de produção, foram recolhidos os dados necessários de 2017 no SI. Os dados recolhidos contêm informações relativas à máquina na qual foram escolhidos, artigo, quantidade, tempo total do processo e tempo de paragem.

De seguida, fez-se um tratamento inicial dos dados para se obter as informações necessárias para a nossa análise. Foram recolhidos 7622 dados, divididos pelas vinte e seis máquinas, artigos e cadências reais (quantidade produzida no tempo em que a máquina esteve dedicada somente à produção). Utilizando a ferramenta SPSS efetuou-se uma análise estatística descritiva cujos resultados se encontram representados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da análise descritiva referente à cadência de máquinas

Total de observações	7622
Média (peças/minuto)	120.415
Máximo (peças/minuto)	559.2
Mínimo (peças/minuto)	1.3
Desvio padrão	78.63

Como é possível verificar pela Figura 32, os valores de cadência encontram-se mais concentrados entre 0 e 200 peças/minuto.

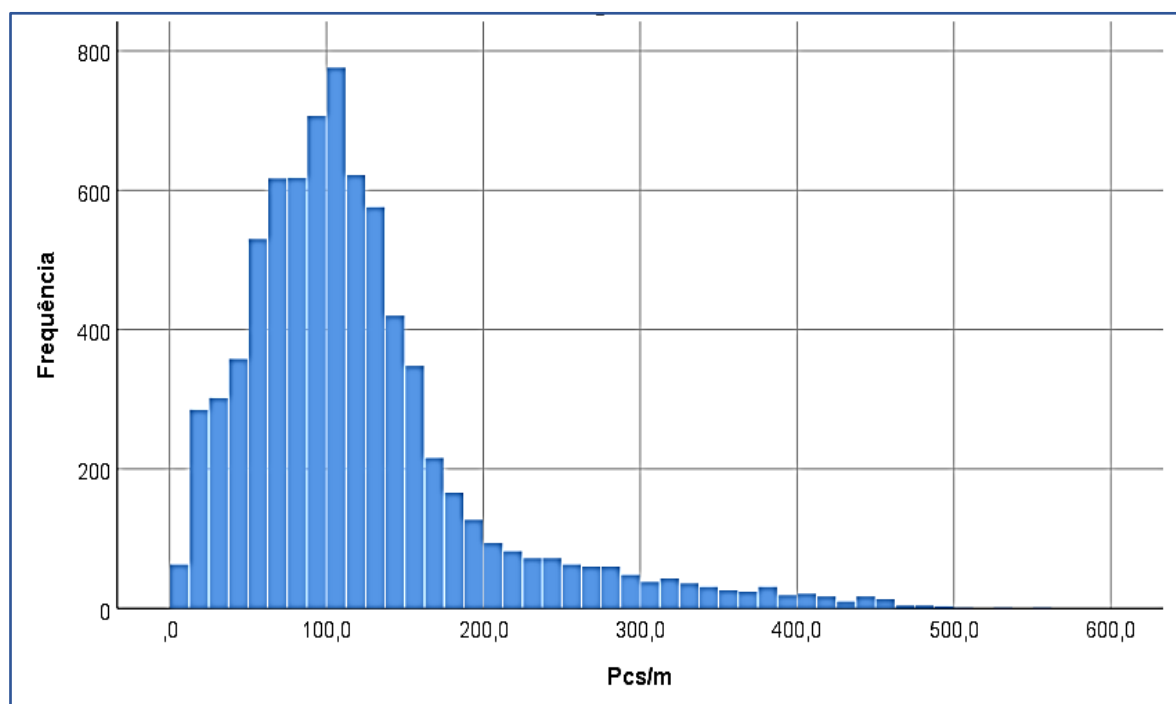


Figura 32 – Histograma referente à cadência de máquinas medida em peças/minuto

Parte 1 – Análise inicial

Após esta análise inicial considerou-se efetuar a análise de variância ANOVA *two-way* de modo a verificar se existem diferenças estatisticamente significativas entre diferentes máquinas e entre diferentes artigos. Assim, começou-se por testar os pressupostos iniciais de forma a validar as condições necessárias para a aplicação da ANOVA *two-way*, sendo necessário verificar a homogeneidade de variâncias da amostra.

Para testar essa homogeneidade efetuou-se um teste de igualdade de variâncias do erro de *Levene*. Na Tabela 3 apresentam-se os resultados do teste e pode-se verificar que, uma vez que o *sig* (valor de prova) é menor que um nível de significância igual a 1%, o teste rejeita a

hipótese de igualdade de variância, logo não se verifica a homogeneidade das variâncias da amostra.

Tabela 3 – Teste de igualdade de variâncias do erro de *Levene* para a cadência de máquinas

		Estatística de <i>Levene</i>	<i>gl1</i>	<i>gl2</i>	<i>sig</i>
V4	<i>Com base em média</i>	6.705	771	6352	0.000
	<i>Com base em mediana</i>	4.928	771	6352	0.000
	<i>Com base em mediana e df ajustado</i>	4.928	771	1716.19	0.000
	<i>Com base em média aparada</i>	6.488	771	6352	0.000

Adicionalmente, na violação do pressuposto da homogeneidade das variâncias, efetuou-se um teste F, que se baseia nos desvios-padrão da amostra, de forma a testar a hipótese nula de que a variação dos erros não depende dos valores das variáveis independentes. Na Tabela 4 apresentam-se os resultados do teste F e, como o valor de prova (*sig*) é menor que um nível de significância igual a 1%, o teste rejeita a hipótese nula, o que significa que a variação dos erros depende dos valores das variáveis independentes.

Tabela 4 – Teste F aplicado aos tempos por ausência de afinador por turno

F	<i>gl1</i>	<i>gl2</i>	<i>sig</i>
20.386	1	7620	0.000

Como não é possível aplicar um teste paramétrico ANOVA *two-way*, torna-se necessário aplicar um teste não-paramétrico. Tendo em conta a amostra em questão, optou-se por aplicar a análise não-paramétrica de *Kruskal-Wallis*, que consiste numa análise de variância de um fator (trata-se de uma extensão do teste U de *Mann-Whitney* para mais de dois grupos).

Inicialmente pensou-se em testar a hipótese de existir uma diferença estatisticamente significativa entre os artigos de acordo com as máquinas que estão a ser processadas. No entanto, os dados recolhidos não permitem essa análise uma vez que não existe nenhum artigo processado pelas máquinas todas nem existe repetição dos dados necessários para se aferir alguma conclusão (de notar que, no total, foram recolhidos dados sobre 706 artigos diferentes para 26 máquinas). Assim, não vai ser possível testar estatisticamente se existem diferenças entre os artigos nem a sua interação com as máquinas.

Para facilitar as próximas análises foi necessário codificar os números das máquinas, tendo-se usado uma sequência de números de 0 a 25, como evidenciado na Tabela 5.

Tabela 5 – Conversão dos números de máquina em código

Código	Máquina	Número da máquina
0	MCV0	6069
1	MCV1-1	6023
2	MCV1-2	6022
3	MCV1-3	6067
4	MCV1-4	6074
5	MCV1-5	6075
6	MCV1-6	6077
7	MCV2-1	6024
8	MCV2-2	6025
9	MCV3	6026
10	MCV4-1	6027
11	MCV4-2	6029
12	MCV4-3	6033
13	MCV4-4	6047
14	MCV4-5	6048
15	MCV4-6	6049
16	MCV4-7	6066
17	MCV5-1	6030
18	MCV5-2	6039
19	MCV5-3	6034
20	MCV5-4	6076
21	MECTRON 1	6028
22	MECTRON 2	6038
23	MECTRON 3	6065
24	CHAMPS	6068
25	PACE	6071

Como se pode comprovar pela Tabela 6, os postos médios são diferentes para os dois grupos, o que nos indica à partida que podem existir diferenças estatísticas. Com os resultados do teste evidenciados na tabela 7, é possível verificar que o valor de prova (*sig*) é menor que um nível de significância igual a 1%, e, como tal, por isso rejeita-se a hipótese nula H_0 . Ao rejeitar H_0 sabe-se que à partida existem pelo menos duas das 26 populações que diferem na localização.

De notar que_o teste de *Kruskal-Wallis* permite afirmar que existem diferenças globais nos resultados e da Tabela 7 pode-se formar uma tendência para ser novamente testada.

Tabela 6 – Ranks das máquinas

Máquina		N	Posto Médio
0	MCV0	312	6118.41
1	MCV1-1	285	2847.15
2	MCV1-2	317	3897.34
3	MCV1-3	339	4676.97
4	MCV1-4	337	4627.09
5	MCV1-5	190	276.12
6	MCV1-6	268	5032.53
7	MCV2-1	250	1613.83
8	MCV2-2	246	1415.67
9	MCV3	184	214.52
10	MCV4-1	252	3884.96
11	MCV4-2	345	4304.99
12	MCV4-3	304	3856.44
13	MCV4-4	311	4262.08
14	MCV4-5	294	3353.33
15	MCV4-6	333	4399.88
16	MCV4-7	308	4325.37
17	MCV5-1	228	2052.34
18	MCV5-2	368	4031.60
19	MCV5-3	250	3145.20
20	MCV5-4	317	4642.72
21	MECTRON 1	311	3849.91
22	MECTRON 2	315	3274.91
23	MECTRON 3	335	3285.45
24	CHAMPS	358	7262.95
25	PACE	265	3296.57
Total		7622	

Tabela 7 – Teste H da cadência de máquinas

H de Kruskal-Wallis	3337.56
<i>gl</i>	25
<i>sig</i>	0.000

Parte 2 – Análise avançada

Adicionalmente, procurou-se testar se existem distribuições idênticas entre grupos de máquinas de acordo com a proximidade dos seus pontos médios. De lembrar que esta análise é efetuada com base na proximidade das cadências de produção e não base nas características das máquinas. Como tal juntou-se as máquinas com os pontos médios mais próximos e testou-se se as suas distribuições são idênticas.

Tabela 8 – Resultados do teste H da cadência de máquinas

Teste	Máquina		Posto Médio	sig	Resultado
1	0	MCV0	6118.41	0.000	Pelo menos duas das populações diferem
	24	CHAMPS	7262.95		
	6	MCV1-6	5032.53		
2	19	MCV5-3	3145.20	0.626	Distribuições idênticas
	22	MECTRON 2	3274.91		
	23	MECTRON 3	3285.45		
	25	PACE	3296.57		
	14	MCV4-5	3353.33		
3	9	MCV3	214.52	0.000	Pelo menos duas das populações diferem
	5	MCV1-5	276.12		
4	18	MCV5-2	4031.60	0.437	Distribuições idênticas
	2	MCV1-2	3897.34		
	21	MECTRON 1	3849.91		
	10	MCV4-1	3884.96		
	12	MCV4-3	3856.44		
5	11	MCV4-2	4304.99	0.521	Distribuições idênticas
	13	MCV4-4	4262.08		
	15	MCV4-6	4399.88		
	16	MCV4-7	4325.37		
6	20	MCV5-4	4642.72	0.620	Distribuições idênticas
	3	MCV1-3	4676.97		
	4	MCV1-4	4627.09		
7	7	MCV2-1	1613.83	0.002	As populações diferem
	8	MCV2-2	1415.67		
8	17	MCV5-1	2052.34	-	-
9	1	MCV1-1	2847.15	-	-

Com base nos resultados do teste H, representados na Tabela 8, é possível identificar que as máquinas 0, 24, 6, 9, 5, 7, 8, 17 e 1 não apresentam distribuições idênticas com qualquer outra máquina. Adicionalmente, os resultados dos testes 2, 4, 5 e 6, provaram que, nas máquinas testadas, existem pelo menos duas distribuições idênticas.

De forma a comprovar indubitavelmente a sua semelhança, efetuaram-se testes H para pares de máquinas, cujos resultados são apresentados na Tabela 9. É possível verificar que o *sig* (valor de prova) é maior que um nível de significância igual a 1% para todos os testes, e, por isso, não se rejeita a hipótese nula H_0 para todos os testes. Como tal, pode-se assumir que as distribuições das amostras por grupo são idênticas.

Tabela 9 – Resultados do teste H para pares de máquinas

Teste	Máquina			sig		Teste	Máquina			sig
2.1	19	MCV5-3		0.405		4.1	18	MCV5-2		0.048
	22	MECTRON 2			2		MCV1-2			
2.2	19	MCV5-3		0.454		4.2	18	MCV5-2		0.136
	23	MECTRON 3			21		MECTRON 1			
2.3	19	MCV5-3		0.602		4.3	18	MCV5-2		0.248
	25	PACE			10		MCV4-1			
2.4	19	MCV5-3		0.098		4.4	18	MCV5-2		0.430
	14	MCV4-5			12		MCV4-3			
2.5	22	MECTRON 2		0.936		4.5	2	MCV1-2		0.337
	23	MECTRON 3			10		MCV4-1			
2.6	22	MECTRON 2		0.905		4.6	2	MCV1-2		0.788
	25	PACE			21		MECTRON 1			
2.7	22	MECTRON 2		0.518		4.7	2	MCV1-2		0.830
	14	MCV4-5			12		MCV4-3			
2.8	23	MECTRON 3		0.950		4.8	21	MECTRON 1		0.782
	25	PACE			10		MCV4-1			
2.9	23	MECTRON 3		0.403		4.9	21	MECTRON 1		0.760
	14	MCV4-5			12		MCV4-3			
2.10	25	PACE		0.254		4.10	10	MCV4-1		0.756
	14	MCV4-5			12		MCV4-3			
6.1	20	MCV5-4		0.513		5.1	11	MCV4-2		0.448
	3	MCV1-3			13		MCV4-4			
6.2	20	MCV5-4		0.212		5.2	11	MCV4-2		0.294
	4	MCV1-4			15		MCV4-6			
6.3	3	MCV1-3		0.552		5.3	11	MCV4-2		0.224
	4	MCV1-4			16		MCV4-7			
5.5	13	MCV4-4		0.720		5.4	13	MCV4-4		0.599
	16	MCV4-7			15		MCV4-6			
5.6	15	MCV4-6		0.913						
	16	MCV4-7								

Parte 3 – Resumo

Os dados recolhidos não permitem a análise dos 706 artigos considerados, uma vez que não existe nenhum artigo processado pelas máquinas todas nem existe repetição dos dados necessários para se aferir alguma conclusão.

Ao efetuar o teste H de *Kruskal-Wallis* rejeitou-se a hipótese nula H_0 , o que significa que existem pelo menos duas das 26 populações que diferem na localização. De seguida formaram-se grupos de teste com base nas tendências dos pontos médios, os quais foram testados novamente por recurso ao teste H. Foi possível comprovar que as distribuições são idênticas para os grupos formados, como se encontra representado na Tabela 10. É ainda possível verificar que a média das cadências para os grupos formados são bastante semelhantes, o que fortalece e reforça os resultados dos testes não paramétricos realizados.

Provou-se assim que o fator ‘características das máquinas’ influência na cadência de produção. Isto é, os fatores identificados que diferenciam as máquinas tiveram impacto nas cadências de produção, tais como, o número de câmaras disponível para realizar determinada configuração, e a disponibilidade de acessórios e ferramentas para as máquinas.

A nível prático, vai ser possível otimizar e melhorar o planeamento, tornando-o mais proactivo. Por exemplo, um artigo urgente que precise de ser processado e expedido em menos de 24 horas, vai dar entrada na máquina com maior cadência média ou num determinado grupo de máquinas formado neste trabalho. Em oposição, um artigo que não seja crítico pode ser processado numa máquina com cadência média mais baixa e ceder espaço a uma eventual urgência.

Tabela 10 – Grupos e cadência de máquinas

Máquina		Média das cadências
19	MCV5-3	95.14
22	MECTRON 2	96.30
23	MECTRON 3	97.46
25	PACE	98.47
14	MCV4-5	99.47
18	MCV5-2	113.89
2	MCV1-2	121.94
21	MECTRON 1	108.61
10	MCV4-1	109.28
12	MCV4-3	107.90
11	MCV4-2	116.86
13	MCV4-4	124.06
15	MCV4-6	125.73
16	MCV4-7	123.56
20	MCV5-4	136.48
3	MCV1-3	135.20
4	MCV1-4	132.74

4.7 Criar ferramentas para auditar o processo e os operadores

No início de cada turno, tanto os afinadores como o responsável de turno devem validar a conformidade do funcionamento de cada máquina. Este processo é extremamente importante e permite, entre outras coisas, detetar erros de afinação por parte de outros afinadores, pequenas afinações que sejam necessárias e orientar os operadores para pequenos detalhes importantes para o bom funcionamento das máquinas. A introdução do relatório de afinação (Anexo II), em Setembro de 2017, permitiu efetuar de uma forma mais rápida e eficiente a validação das máquinas no início dos turnos. Adicionalmente, e com base nos parâmetros de rejeição descritos no relatório, permitiu descobrir se existem variações significativas de leitura por parte das máquinas de escolha automática.

Simultaneamente, foram introduzidas duas auditorias que os responsáveis de turnos devem efetuar ao longo do decorrer dos turnos: auditoria ao processo (Anexo III) e avaliação dos operadores (Anexo IV). A auditoria ao processo é composta por um conjunto de pontos que os responsáveis de turno devem verificar de forma a garantir o bom funcionamento da produção. Este documento foi criado com base nas diretrizes impostas pelo departamento de qualidade e necessita de ser realizado diariamente. À semelhança desta auditoria, foi igualmente implementado um documento para a avaliação dos operadores, o qual serve para garantir que os operadores seguem as regras de funcionamento do departamento.

Como em todos os processos de evolução, existiu um crescimento acentuado no sector em estudo. Inicialmente este fazia parte do departamento de qualidade, possuía três máquinas, um operador e um afinador. No entanto, devido ao crescimento da empresa, rapidamente evoluíram para mais máquinas e mais operadores, tendo ocorrido a necessidade de criar categorias e funções para os colaboradores. Por último, houve a necessidade de reestruturar as funções e de criar documentos com a descrição dessas mesmas funções. Como tal, criaram-se cinco categorias e suas respetivas descrições: Supervisor, Responsável de turno, Afinador, Operador de máquinas e Operador de escolha manual.

4.8 Identificar os motivos de paragem

Para a análise dos motivos de paragens, começou-se por recolher os dados no SI. Em finais de Setembro de 2017 foram implementadas as melhorias descritas neste projeto. Desta forma pretendeu-se determinar se existe uma variação significativa entre os tempos de paragem de Janeiro de 2017 a Setembro de 2017 (excluindo o mês de Agosto desse ano por motivos de baixa de produção) em comparação com o último trimestre de 2017 (Outubro a Dezembro).

Foram identificados todos os motivos de paragem e do resultado da sua avaliação apenas dois foram considerados para este estudo uma vez que se encontravam diretamente ligados ao

processo, aos colaboradores e às melhorias implementadas: tempo de afinação de máquina e tempo de falta de afinador. Estes dois tempos somados correspondem ao tempo total de mudança de *setup*, desde que o material anterior terminou até a máquina se encontrar a processar um novo material.

Apresenta-se de seguida a lista dos principais motivos de paragem; de notar que os motivos de paragem considerados anteriormente para este estudo correspondem a 79% do total dos motivos de paragem:

- Afinação de máquina: 6689 horas (44.5%)
- Falta de afinador: 5203 horas (34.5%)
- Avarias: 1328 horas (8.5%)
- Falta de matéria-prima: 371 horas (2.5%)
- Manutenção 1º nível: 343 horas (2.3%)
- Paragens socais/rejeições: 232 horas (1.5%)

4.8.1 Processo de mudança de setup

O processo de mudança de *setup* inicia-se com a limpeza do interior da máquina. Este processo é extremamente importante e deve ser executado com o máximo de cuidado. É necessária a limpeza, com recurso a ar comprimido e desengordurante, do pulmão, vibrador circular, discos e acessórios. Deve ser tomada especial atenção à limpeza das saídas das peças OK e NOK, de forma a impedir a contaminação na escolha do próximo artigo, e à limpeza dos módulos de câmara para a correta leitura dos parâmetros a verificar. Por fim, é obrigatória a limpeza exterior da máquina de forma a não se acumular sujidade e poeiras com o tempo.

De seguida é executada a afinação mecânica da máquina e, para isso, os afinadores necessitam de desmontar o disco presente na máquina e ir buscar o disco adequado ao armário de arrumação. A partir deste ponto começam as atividades de afinação de acordo com cada tipo de artigo, sequencialmente:

1. Afinação do alimentador linear/circular;
2. Afinação das calhas de alimentação;
3. Substituição de acessórios;
4. Afinação correta de cada estação de controlo;
5. Afinação de sensores - sensor de deteção de peça não conforme na saída das peças boas.

Depois da afinação mecânica estar realizada é necessário configurar a parte de *software*. Este passo tem de ser realizado com extrema atenção uma vez que é nele que vão ser configurados os parâmetros de verificação de conformidade de acordo com os requisitos do cliente. Caso este passo não esteja conforme poderá comprometer todo o processamento e podem

ser enviadas para o cliente peças não conforme. Esta afinação encontra-se dividida em três atividades principais:

- Configuração seguindo os passos do procedimento operativo afixado;
- Sincronização com o número de casas do disco do PLC;
- Confirmação de que os valores de medição correspondem aos medidos na peça mestra.

Após estas afinações é necessário iniciar um processo de validação da máquina com os seguintes passos obrigatórios:

- Testar o sensor que deteta peças não conformes na saída das boas;
- Tapar uma câmara de maneira a que a máquina comece a rejeitar todas as peças;
- Retirar uma peça do disco e verificar se a máquina para automaticamente;
- Verificar se a configuração do disco é a mesma no *software* e no PLC;
- Se a escolha for 360°, garantir o mínimo de três fotos no *software*.

De acordo com a carga de trabalho os afinadores podem apresentar diversos estados:

- Estado 1: o afinador não se encontra a realizar nenhuma tarefa e, de acordo com o *feedback* dos operadores ou do responsável de turno, consegue antecipar a necessidade de mudança de *setup*;
- Estado 2: o afinador encontra-se a realizar uma tarefa e não consegue antecipar a necessidade de mudança de *setup*.

Os operadores, de acordo com os estados acima descritos, podem, caso tenham disponibilidade e experiência, iniciar o processo de mudança *setup*. No entanto, os operadores não podem comprometer as suas tarefas de produção, o que significa que, dependendo do estado dos operadores, podem ocorrer diversas situações, nomeadamente:

- Estado 1.1: o afinador está disponível e o operador consegue ajudar na mudança de *setup*:
 - *Estado 1.1.1*: o operador realiza as tarefas de limpeza e as tarefas de afinação mecânica;
 - *Estado 1.1.2*: o operador realiza as tarefas de limpeza mas não está habilitado a realizar as tarefas de afinação mecânica;
- Estado 1.2: o afinador está disponível e o operador não tem disponibilidade para ajudar na mudança de *setup*;
- Estado 2.1: o afinador não está disponível e o operador consegue iniciar a mudança de *setup*:
 - *Estado 2.1.1*: o operador realiza as tarefas de limpeza e as tarefas de afinação mecânica;
 - *Estado 2.1.2*: o operador realiza as tarefas de limpeza mas não está habilitado a realizar as tarefas de afinação mecânica;

- Estado 2.2: o afinador não está disponível e o operador não tem disponibilidade para ajudar na mudança de *setup*.

De seguida apresenta-se a Tabela 11 que relaciona o estado dos afinadores, operadores e motivos de paragem:

Tabela 11 – Estados possíveis da mudança de *setup*

Estado	Afinador	Operador		Estado da máquina	Motivo de paragem
		<i>Limpeza</i>	<i>Afinação mecânica</i>		
1.1.1	Sim	Sim	Sim	Em mudança	Afinação
1.1.2	Sim	Sim	Não	Em mudança	Afinação
1.2	Sim	Não	Não	Em mudança	Afinação
2.1.1	Não	Sim	Sim	Em mudança	Falta de Afinador
2.1.2	Não	Sim	Não	Em mudança	Falta de Afinador
2.2	Não	Não	Não	A espera	Falta de Afinador

De acordo com as regras do sector de escolha e embalagem, os operadores recebem uma formação sobre as limpezas necessárias a serem realizadas nas máquinas de escolha, enquanto estão em processamento, e as limpezas necessárias para a mudança de *setup*. Como tal, desde o início, os operadores encontram-se habilitados a iniciar o processo de mudança de *setup* com a limpeza desta. O próximo passo na formação dos operadores é a afinação mecânica, sendo que esta formação é apenas efetuada para operadores mais experientes.

Como descrito anteriormente, os operadores devem efetuar o registo no SI dos motivos de paragem das máquinas. Neste caso em específico da mudança de *setup* o registo pode ser: falta de afinador ou de afinação. O primeiro é quando o afinador não se encontra disponível, e mesmo que nos estados anteriormente formados o operador possa começar o processo de mudança de *setup*, neste caso o operador deve imediatamente registar o motivo de paragem por falta de afinador. O segundo motivo de paragem surge em caso de afinação, quando o afinador iniciou, com ou sem ajuda do operador, o processo de afinação. Normalmente o que acontece é que existe um primeiro registo de paragem com falta de afinador e, quando o afinador se encontra disponível, o operador encerra o motivo anterior e inicia o registo para afinação.

Como se pode verificar existem vários fatores que influenciam os tempos de paragem: falta de afinador e de afinação. De uma forma geral, é possível perceber que a situação mais favorável para reduzir o tempo de paragem da máquina é quando o afinador consegue antecipar a paragem e quando o operador se encontra disponível para ajudar na mudança de *setup*. O pior cenário é quando ambos não se encontram disponíveis. De seguida apresenta-se a Tabela 12 que mostra, de forma relativa, o tempo de paragem de máquina de acordo com os estados.

Tabela 12 – Cenários que afetam os tempos de paragem de máquina

Estado	Afinador	Operador		Motivo de paragem	
		<i>Limpeza</i>	<i>Afinação mecânica</i>	<i>Falta de Afinador</i>	<i>Afinação</i>
1.1.1	Sim	Sim	Sim	Nenhum	Muito menor
1.1.2	Sim	Sim	Não	Nenhum	Menor
1.2	Sim	Não	Não	Nenhum	Normal
2.1.1	Não	Sim	Sim	Normal	Muito menor
2.1.2	Não	Sim	Não	Normal	Menor
2.2	Não	Não	Não	Normal	Normal

De forma a diminuir os tempos de afinação das máquinas efetuaram-se várias modificações ao processo. O primeiro passou pela reorganização da base de dados e dos armários onde estão guardadas as mestres (já explicado no ponto 3.3.3). Desta forma, o processo de encontrar e ir buscar a mestre foi melhorado consideravelmente. Assim, caso o afinador consiga antecipar a mudança de *setup*, este consegue ir buscar a mestre necessária e esse tempo não acresce ao tempo do processo de mudança de *setup*.

Foram ainda reorganizados e identificados os locais onde se encontram guardados os acessórios das máquinas. Estas ferramentas, necessárias para a mudança de *setup*, encontravam-se dispersas, o que as tornava difíceis de encontrar e identificar. Esta melhoria facilitou essa tarefa, influenciando diretamente os tempos de mudança de *setup*. Ao antecipar a necessidade de mudança de *setup*, os afinadores conseguem recolher todas ferramentas necessárias para a mudança.

Se o operador se encontrar disponível para ajudar o afinador este será capaz de realizar as tarefas para as quais está habilitado, deixando o afinador com mais tempo para realizar as tarefas seguintes. Desta forma, é necessário que os operadores estejam disponíveis e que tenham a formação necessária para ajudar os afinadores e, consequentemente, diminuir os tempos de paragem das máquinas. No entanto, existem sempre tarefas que os afinadores podem realizar como, por exemplo, a afinação do *software* e a validação da máquina. Estas tarefas estão reservadas exclusivamente aos afinadores, uma vez que estes foram formados adequadamente e têm a experiência necessária para realizar estas tarefas de extrema importância.

Outra tarefa necessária para a mudança de *setup* é garantir os parâmetros de medição da peça mestre. Para isso, os afinadores devem medir cada cota individualmente através de ferramentas próprias e inseri-las no *software*, sendo que este trabalho pode ser realizado antes de a máquina parar. Desta forma, se o operador conseguir efetuar o levantamento dos parâmetros necessários para serem validados e medir esses mesmos parâmetros, consegue diminuir drasticamente o tempo de mudança de *setup*. Esta tarefa é da exclusiva responsabilidade do afinador e não pode ser realizada pelo operador.

4.8.2 Implementar melhorias no sector: metodologia SMED

A implementação de melhorias no sector iniciou-se com a fase inicial deste projeto. Sucintamente, procurou-se implementar medidas que permitissem de uma forma simples e acessível melhorar o sector e obter melhorias a nível de qualidade e rigor de trabalho e de eficiência de produção. Isto é, conseguir obter mais produção e diminuir o tempo de não funcionamento das máquinas. Assim:

- Procedeu-se à melhoria da organização do sector;
- Deu-se formação aos colaboradores sobre os registos das não conformidades;
- Organizaram-se os armários das mestres dos artigos produzidos;
- Determinou-se a cadência de produção máxima de afinação por artigo;
- Determinaram-se os fatores que afetam as cadências de produção;
- Identificaram-se as cadências de produção de cada artigo;
- Criaram-se ferramentas para auditar o processo e os operadores.

Com base nas melhorias implementadas tornou-se possível aplicar a metodologia SMED para o processo de mudança de *setup*, a qual se encontra dividida em 4 fases: *Fase 0*: preliminar; *Fase 1*: separar as atividades externas das internas; *Fase 2*: passar atividades internas para externas; e *Fase 3*: melhorar atividades.

Fase 0: identificar as atividades necessárias para efetuar a mudança de *setup*;

Fase 1: limpar máquina, encontrar mestre e encontrar acessórios de máquina são atividades consideradas externas. Afinação mecânica, configurar *software* e validar máquina são atividades internas;

Fase 2: não foram identificadas atividades internas que possam passar para atividades externas;

Fase 3: de acordo com as melhorias implementadas ao longo deste trabalho foi possível: diminuir o tempo de limpeza de máquina, uma vez que todas as ferramentas necessárias foram devidamente identificadas e foram atribuídos locais próprios para as mesmas. Como o local de arrumação das mestres foi reorganizado, limpo e melhorado, o tempo necessário para encontrar a respetiva mestre diminuiu drasticamente, e o mesmo se aplica aos acessórios de máquina. O tempo necessário para a afinação mecânica também diminuiu devido às melhorias nos carrinhos de ferramenta e na identificação dos acessórios.

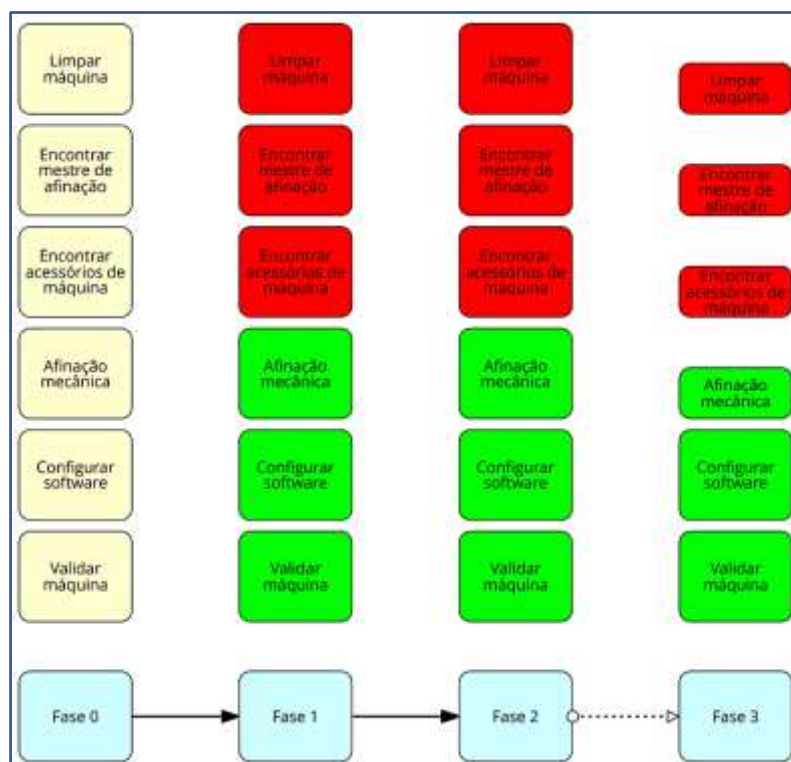


Figura 33 – Exemplificação da metodologia SMED

Na Figura 33, a passagem da fase 2 para a fase 3 foi identificada de forma diferente, uma vez que, de acordo com o capítulo 4.8.1, é possível formar outras fases que não a apresentada. Isto é, se o operador de máquina não estiver disponível, o afinador tem de realizar todo o processo de mudança de *setup* como apresentado na figura. No entanto, como descrito no ponto anterior, existem seis diferentes fases três, sendo que se optou por criar a correspondente ao estado 2.2.

4.8.3 Tempo por falta de afinador

Relativamente aos tempos por falta de afinador, recolheu-se um total de 2525 dados através do SI, e, por recurso à ferramenta SPSS efetuou-se uma análise estatística descritiva cujos resultados se encontram reunidos na Tabela 13. Os dados foram posteriormente divididos por antes e depois da implementação das melhorias no sector e pelos três turnos – turno 0, turno 1 e turno 2.

Tabela 13 – Resultados da análise descritiva respeitante aos tempos de paragem por falta de afinador

Total de observações	2525
Média	01:39:02
Mínimo	00:10:00
Máximo	23:00:00
Desvio padrão	01:32:03

Como se pode verificar pela análise da Tabela 13, existe uma grande dispersão nos valores, sendo que os tempos iniciam nos 10 minutos e terminam no máximo de 23 horas. A média dos valores encontra-se muito próximo do mínimo e o valor do desvio-padrão é quase igual à média dos valores. Apresenta-se de seguida um histograma representativo da distribuição de frequências (Figura 34), no qual é possível constatar que a grande maioria dos casos se encontram acumulados entre as 00:00:00 e as 05:00:00 horas.

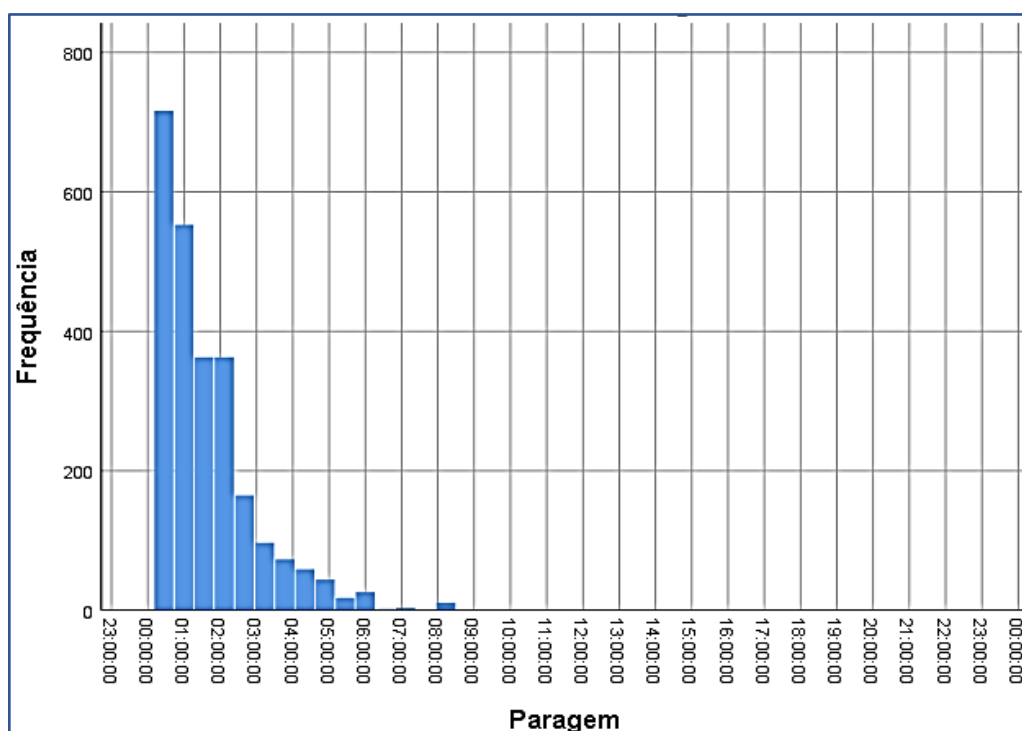


Figura 34 – Histograma representativo da distribuição de frequências dos tempos de paragem por falta de afinador

De forma a poder analisar os valores atípicos, usualmente designados de *outliers*, elaborou-se um diagrama de extremos e quartis, o qual se encontra representado na Figura 35. Com base neste gráfico foi possível identificar todos os pontos situados acima ou abaixo do limite superior ou inferior, respetivamente. Desta forma, os valores posicionados acima dos 04:06:00 correspondem a *outliers*, tendo sido eliminados

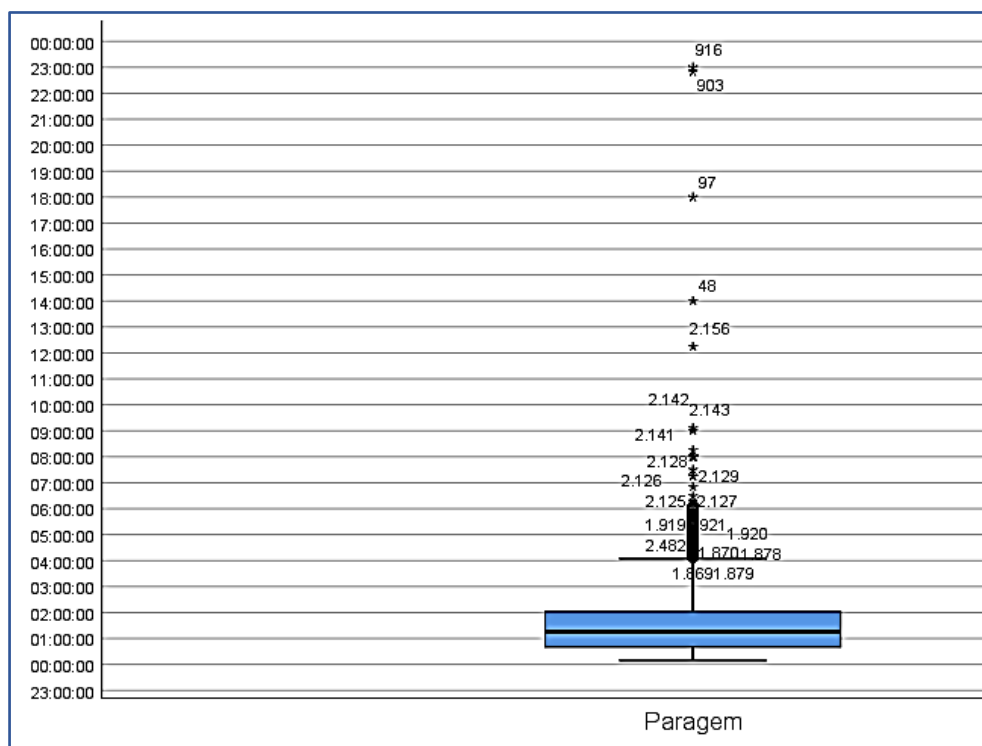


Figura 35 – Diagrama de extremos e quartis (*outliers* representados com *)

O passo seguinte passou pela eliminação desses mesmos *outliers* e, por conseguinte, pela realização de uma nova análise descritiva cujos resultados se encontram expressos na Tabela 14 que se segue.

Tabela 14 – Resultados da análise descritiva referente aos tempos de paragem por falta de afinador após eliminação dos *outliers*

Total frequências	2339
Média	01:22:13
Mínimo	00:10:00
Máximo	04:05:59
Desvio padrão	00:01:08

Na Figura 36 que se segue é possível visualizar o novo histograma representativo da distribuição de frequências após a eliminação dos *outliers*, o qual apresenta uma menor amplitude dos valores.

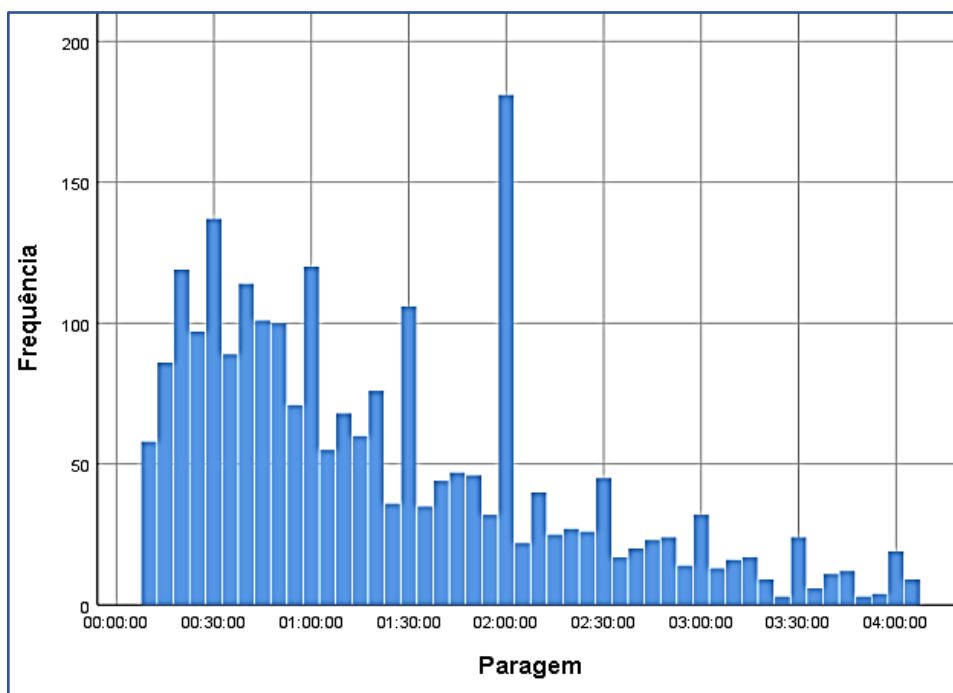


Figura 36 – Histograma representativo da distribuição de frequências dos tempos de paragem por falta de afinador após eliminação dos *outliers*

Como é possível verificar no diagrama de extremos e quartis representado na Figura 37, a presença de *outliers* diminuiu drasticamente. É igualmente possível constatar que 50% das frequências se encontram concentradas entre as 00:37:00 e as 02:00:00 horas.

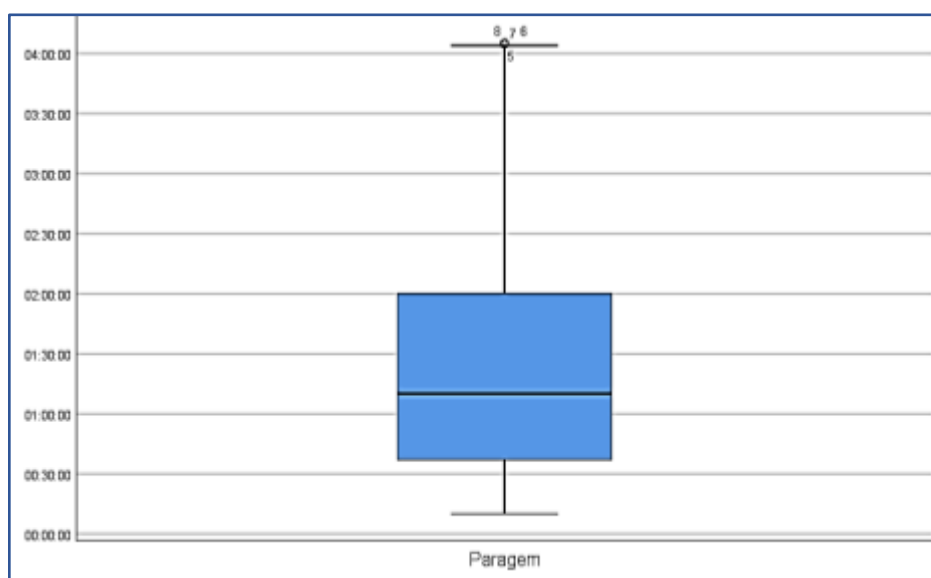


Figura 37 – Diagrama de extremos e quartis após eliminação dos *outliers*

Após a análise descritiva inicial pretendeu-se aferir se existiam diferenças nas médias entre os três turnos. Por recurso ao programa SPSS foram calculadas as médias de cada turno ao longo de todo o ano de 2017, como evidenciado na Tabela 15.

Tabela 15 – Média dos tempos por falta de afinador em cada um dos três turnos

Turno	Média dos tempos
0	01:28:01
1	01:22:22
2	01:18:54

Tendo-se verificado a existência de diferenças entre os tempos dos três turnos, procurou-se descobrir se existe variação dos dados antes e depois da implementação das melhorias (Tabela 16). Como é possível constatar pela tabela que segue, verificou-se uma melhoria nos tempos por falta de afinador depois da implementação das melhorias no sector.

Tabela 16 – Média dos tempos por falta de afinador por turno, antes e depois da implementação das melhorias

Turno	Antes/Depois	Média dos tempos
0	<i>Antes</i>	01:30:00
	<i>Depois</i>	01:16:25
1	<i>Antes</i>	01:24:47
	<i>Depois</i>	01:06:53
2	<i>Antes</i>	01:24:01
	<i>Depois</i>	00:56:14

Era, porém, necessário verificar se, estatisticamente, as diferenças encontradas eram significativas.

Após esta análise inicial ponderou-se efetuar a ANOVA *two-way*, para verificar a existência de diferença estatística entre os valores antes e depois da implementação das melhorias no sector e entre os três turnos. Para tal, começou-se por testar os pressupostos iniciais de forma a validar as condições para a aplicação do teste referido, sendo necessário verificar a homogeneidade de variâncias da amostra. Assim, efetuou-se um teste de igualdade de variâncias do erro de *Levene*, no qual a variável dependente corresponde aos tempos por falta de afinador, e as variáveis independentes são o antes e depois da implementação das melhorias e os três respetivos turnos. Na Tabela 17 apresentam-se os resultados do teste efetuado. Uma vez que o *sig* (valor de prova) é menor que um nível de significância igual a 1%, o teste rejeita a hipótese

da igualdade de variância, o que significa que não se verifica a homogeneidade de variância da amostra.

Tabela 17 – Teste de igualdade de variâncias do erro de *Levene* para os tempos de paragem por falta de afinador por turno

		Estatística de <i>Levene</i>	<i>gl1</i>	<i>gl2</i>	<i>sig</i>
V4	<i>Com base em média</i>	10.786	5	2333	0.000
	<i>Com base em mediana</i>	8.899	5	2333	0.000
	<i>Com base em mediana e df ajustado</i>	8.899	5	2244.27	0.000
	<i>Com base em média aparada</i>	10.438	5	2333	0.000

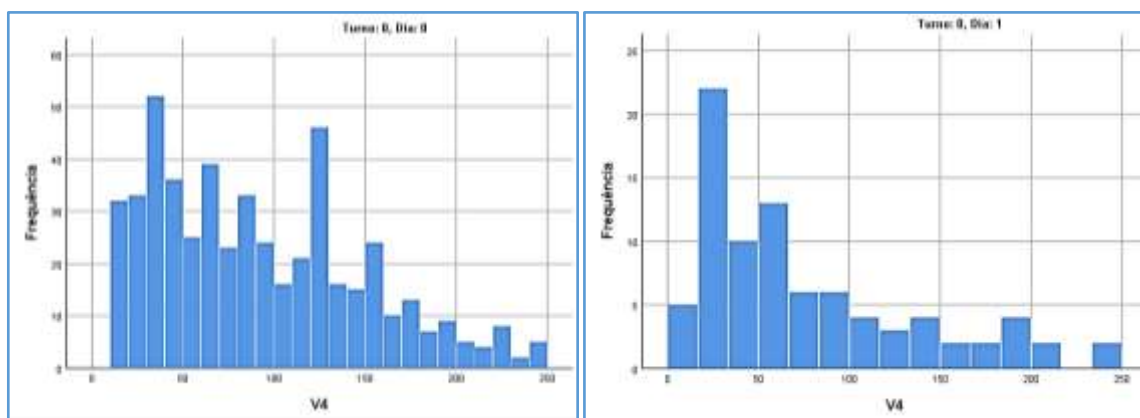
Adicionalmente, dada a violação do pressuposto da homogeneidade das variâncias, efetuou-se um teste F cujos resultados se encontram representados na Tabela 18. Como o valor de prova (*sig*) é menor que um nível de significância igual a 1%, o teste rejeita a hipótese nula, o que implica que a variação dos erros depende dos valores das variáveis dependentes.

Tabela 18 – Resultados do teste F para os tempos de paragem por falta de afinador por turno

F	<i>gl1</i>	<i>gl2</i>	<i>sig</i>
20.386	1	2337	0.000

Como não foi possível aplicar um teste paramétrico ANOVA *two-way*, foi necessário aplicar um teste não-paramétrico, tendo-se optado, pela análise não-paramétrica de *Kruskal-Wallis*. Nesse sentido, todos os tempos foram convertidos em minutos, isto é, alterou-se a formatação dos valores. Com este passo pretende-se eliminar possíveis erros que o software SPSS pudesse efetuar com a formatação anterior.

Apresenta-se de seguida a Figura 38 na qual constam os histogramas dos seis grupos de amostras. A Tabela 19 que se segue apresenta a média dos valores desses mesmos seis grupos.



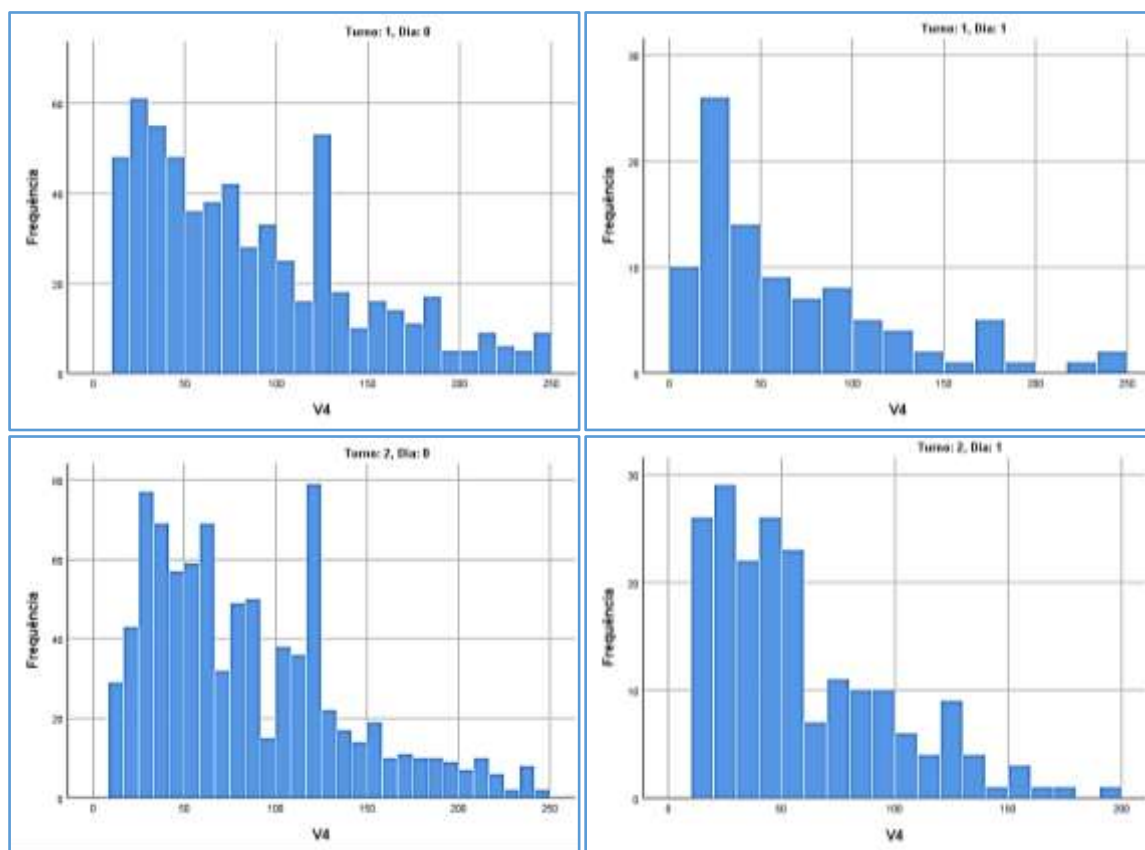


Figura 38 – Histogramas por grupo de amostras respeitantes aos tempos por falta de afinador por turno

Tabela 19 – Valores de média e assimetria para os tempos por falta de afinador por turno

	Turno 0		Turno 1		Turno 2	
	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>
Média	90.01	76.42	84.78	66.89	84.03	56.25
Assimetria	0.632	1.081	0.819	1.341	0.846	1.051

Parte 1 – Comparar o antes e o depois da implementação das melhorias

Como se pode comprovar pela Tabela 20, os postos médios são diferentes para os dois grupos, o que nos indica, à partida, que podem existir diferenças estatísticas. Com os resultados do teste H, evidenciados na Tabela 21, é possível verificar que o *sig* (valor de prova) é menor que um nível de significância igual a 1%, e, como tal, rejeita-se a hipótese nula H_0 .

Tabela 20 – *Ranks* dos tempos de paragem por falta de afinador antes e depois da implementação da melhoria no sector

Antes/Depois	N	Posto Médio
0	1965	1218.44
1	374	915.49
Total	2339	

Tabela 21 – Teste H dos tempos de paragem por falta de afinador antes e depois da implementação da melhoria no sector

H de Kruskal-Wallis	63,260
<i>gl</i>	1
<i>sig</i>	0.000

Ao rejeitar a hipótese nula garante-se que as distribuições das populações não são idênticas. Como tal, comprovou-se a existência de diferenças significativas antes e depois da implementação das melhorias no sector, ou seja, houve um impacto positivo das ações tendo estas contribuído para reduzir os tempos de paragem por falta de afinador.

Parte 2 – Comparar os 3 turnos

Como se pode comprovar pela Tabela 22, os postos médios são diferentes para os dois grupos, o que nos indica a possível existência de diferenças estatísticas. Com os resultados do teste H, representados na Tabela 23, é possível verificar que o valor de prova (*sig*) é maior que um nível de significância igual a 1%, e, como tal, não se rejeita a hipótese nula H_0 . Adicionalmente, observando os postos médios, é possível constatar que o turno 0 encontra-se mais afastado dos dois outros turnos e que o turno 1 e 2 se encontram bastante próximos.

Tabela 22 – *Ranks* dos tempos por falta de afinador para os diferentes turnos

Turno	N	Posto Médio
0	583	1235.86
1	703	1152.76
2	1053	1145.05
Total	2339	

Tabela 23 – Teste H dos tempos por falta de afinador para os diferentes turnos

H de Kruskal-Wallis	7.443
<i>gl</i>	2
<i>sig</i>	0.024

Ao não rejeitar a hipótese nula pode-se assumir que as distribuições das populações são idênticas logo podemos concluir que não existe diferença estatisticamente significativa entre os três turnos.

Parte 3 – Resumo

De acordo com os resultados apresentados anteriormente é possível concluir que existem diferenças significativas entre o antes e o depois da implementação das melhorias no sector. No entanto, esta diferença não se verifica entre os três turnos, uma vez que não existe diferença entre os tempos de paragem por falta de afinador.

Este último ponto comprova que os três turnos diminuíram os tempos de mudança de *setup* após a implementação das melhorias. De acordo com a análise de frequências por grupo é possível ainda atribuir uma classificação puramente ilustrativa de quanto foi a melhoria após a implementação e perceber algumas diferenças entre os tempos dos turnos.

De acordo com a Tabela 24, é possível verificar que o turno com menor tempo de afinação antes e depois da implementação de melhorias no sector é o turno 2, seguido do turno 1 e, por fim, com maior tempo, o turno 0. O efeito da implementação das melhorias no sector fez-se sentir mais no turno 2 com 33.1%, tendo esse efeito sido de somente 15.1% para o turno 0.

Tabela 24 – Diferença entre os tempos por falta de afinador por turno antes e depois da implementação das melhorias

	Turno 0			Turno 1			Turno 2		
	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	%	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	%	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	%
Média	90.01	76.42	15.1	84.78	66.89	21.1	84.03	56.25	33.1

4.8.4 Tempo de mudança de setup

À semelhança do efetuado para os tempos por falta de afinador, recolheu-se, através do SI, um total de 2525 observações referentes aos tempos de *setup*, divididos em antes e depois da implementação das melhorias no sector e pelos três respetivos turnos – turno 0, turno 1 e turno

2. Utilizando a ferramenta SPSS efetuou-se uma análise estatística descritiva cujos resultados se encontram representados na Tabela 25.

Tabela 25 – Resultados da análise descritiva referente aos tempos de *setup*

Total de observações	3730
Média	01:26:20
Mínimo	00:10:00
Máximo	08:00:00
Desvio padrão	0:58:19

Como se pode verificar pela análise da tabela existe uma grande dispersão nos valores, uma vez que os tempos começam nos 10 minutos e terminam num máximo de 8 horas. Uma vez mais, a média dos valores situa-se bastante próxima do mínimo. Apresenta-se de seguida um histograma na Figura 39 evidenciando a distribuição de frequências. Verifica-se que a grande maioria dos casos se encontram acumulados entre as 00:00:00 e as 03:00:00 horas.

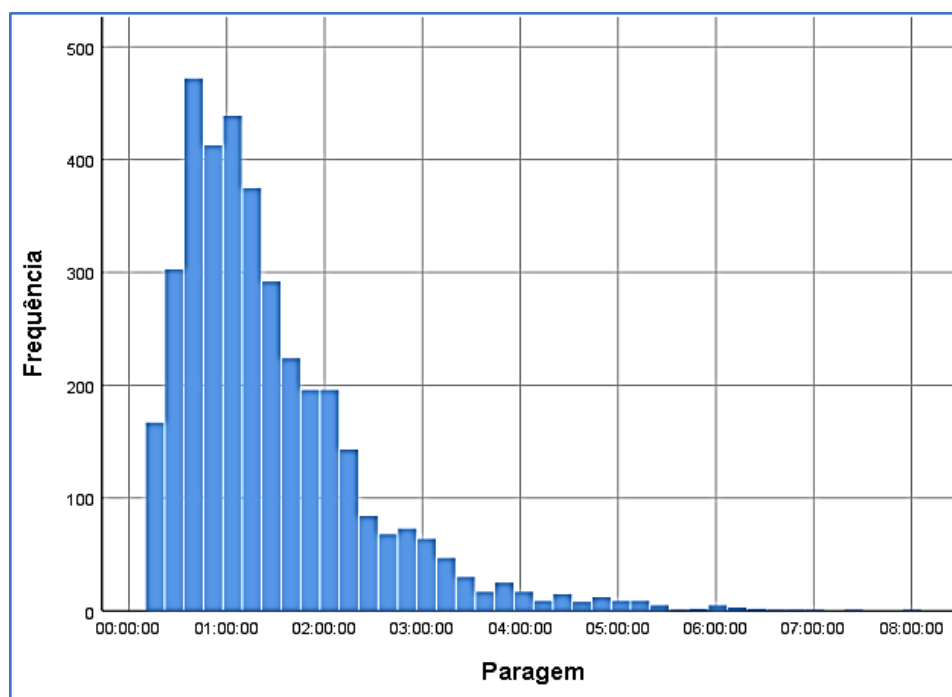


Figura 39 – Histograma representativo da distribuição de frequências dos tempos de *setup*

De forma a poder analisar os valores *outliers*, elaborou-se, uma vez mais, um diagrama de extremos e quartis, o qual se encontra representado na Figura 40, permitindo identificar todos os pontos situados acima ou abaixo do limite superior ou inferior, respetivamente. Desta forma, considerou-se os valores acima de 03:16:00 como *outliers* e procedeu-se à sua eliminação.

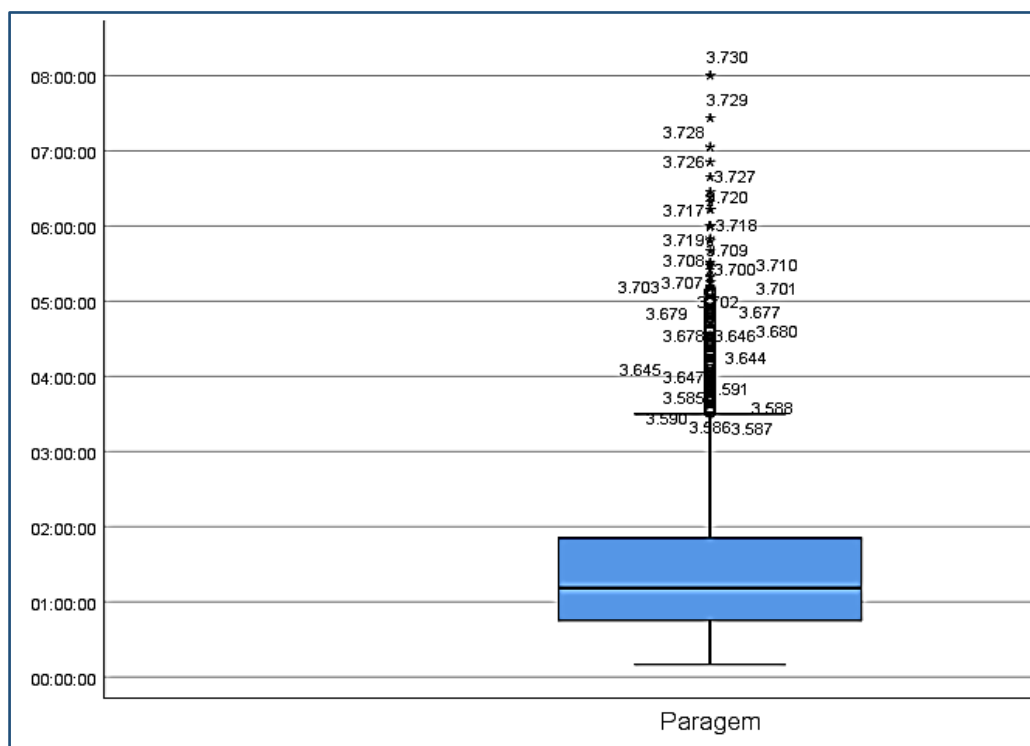


Figura 40 – Diagrama de extremos e quartis (*outliers* representados com *)

O passo seguinte passou pela eliminação desses mesmos *outliers* e, por conseguinte, pela realização de uma nova análise descritiva cujos resultados se encontram expressos na Tabela 26.

Tabela 26 – Resultados da análise descritiva referentes aos tempos de *setup* após eliminação dos *outliers*

Total de observações	3545
Média	01:17:17
Mínimo	03:10:00
Máximo	03:16:00
Desvio padrão	0:42:08

Na Figura 41 é possível visualizar o novo histograma representativo da distribuição de frequências após a eliminação dos *outliers*, o qual apresenta, uma vez mais, uma menor amplitude dos dados.

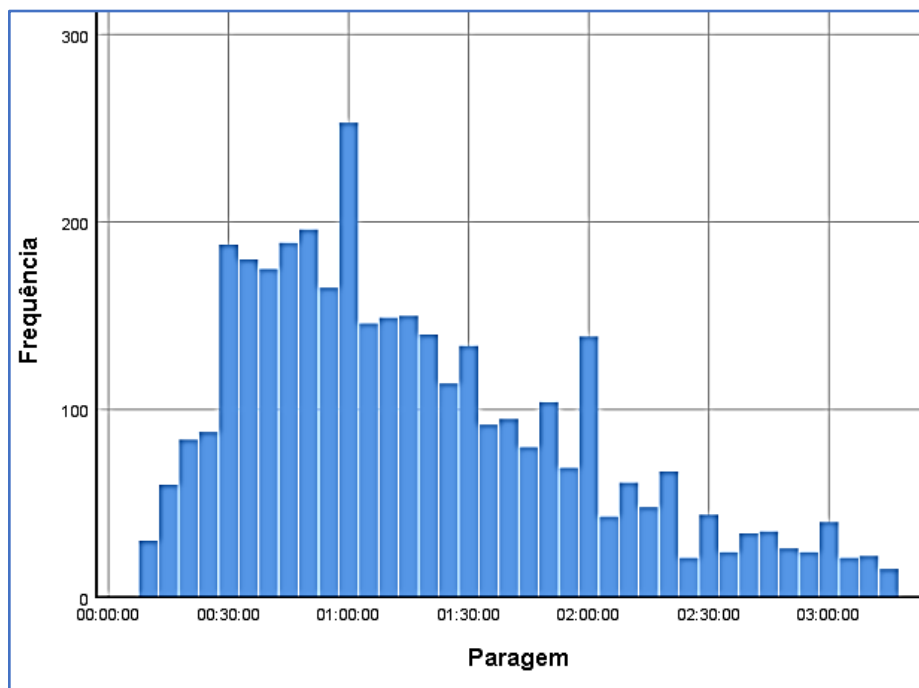


Figura 41 – Histograma representativo da distribuição de frequências de tempos de *setup* após eliminação dos *outliers*

Como é possível verificar no diagrama de extremos e quartis representado na Figura 42, a presença de *outliers* diminuiu drasticamente. É igualmente possível constatar que 50% das observações se encontram concentradas entre as 00:45:00 e 01:45:00 horas.

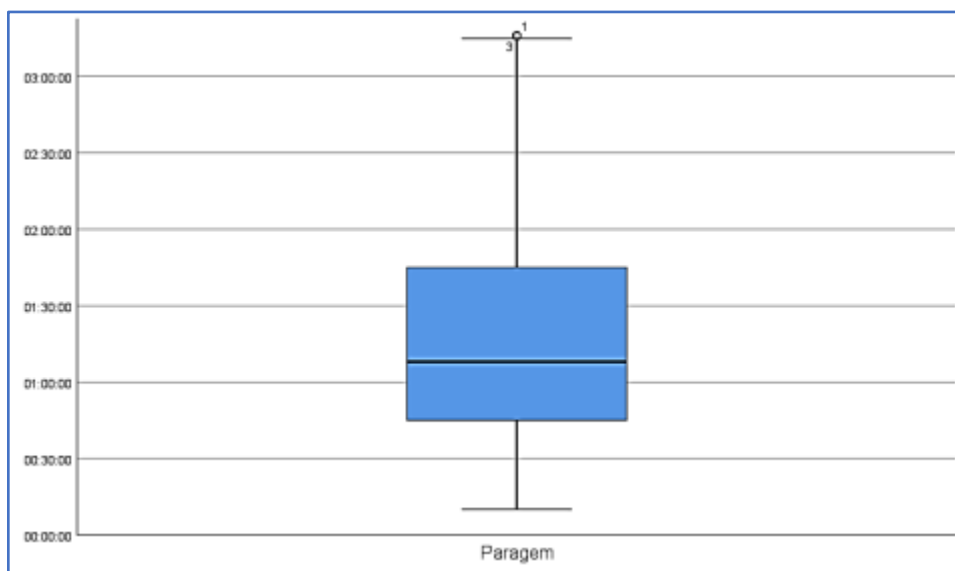


Figura 42 – Diagrama de extremos e quartis após eliminação dos *outliers*

Após a análise descritiva inicial pretendeu-se aferir a existência de diferenças nas médias entre os três turnos. Recorrendo ao *software* SPSS calcularam-se as médias de cada turno ao longo do ano de 2017. Os resultados encontram-se na Tabela 27, na qual é possível constatar a existência de diferenças entre as médias dos três turnos.

Tabela 27 – Média dos tempos de mudança de *setup* em cada um dos três turnos

Turno	Média dos tempos
0	01:30:53
1	01:15:20
2	01:08:10

Tendo-se verificado a existência de diferença entre os tempos dos três turnos, procurou-se averiguar se existe variação dos dados antes e depois da implementação das melhorias, cujos resultados se encontram na Tabela 28. Pela análise da tabela é possível constatar a existência de melhorias nos tempos de *setup* depois da implementação das melhorias no sector.

Tabela 28 – Média dos tempos de *setup* por turno, antes e depois da implementação das melhorias

Turno	Antes/Depois	Média dos tempos
0	<i>Antes</i>	01:34:48
	<i>Depois</i>	01:21:09
1	<i>Antes</i>	01:16:23
	<i>Depois</i>	01:12:36
2	<i>Antes</i>	01:09:08
	<i>Depois</i>	01:05:30

Mais uma vez foram analisados os pressupostos necessários para a aplicação da ANOVA *two-way*, por forma a perceber se era possível aplicar esta técnica para verificar a existência de diferença estatística entre os valores dos tempos de *setup* antes e depois da implementação das melhorias no sector e entre os três turnos. Assim, efetuou-se um teste de igualdade de variâncias do erro de *Levene*, no qual a variável dependente corresponde aos tempos de *setup*, e as variáveis independentes são o antes e depois da implementação das melhorias e os três turnos. Na Tabela 29 que se segue apresentam-se os resultados do teste efetuado. Uma vez que o *sig* (valor de prova) é menor que um nível de significância igual a 1%, o teste rejeita a hipótese da igualdade de variância, o que significa que não se verifica a homogeneidade de variância das amostras.

Tabela 29 – Teste de igualdade de variâncias do erro de *Levene* para os tempos de *setup*

		<i>Estatística de Levene</i>	<i>gl1</i>	<i>gl2</i>	<i>sig</i>
V4	<i>Com base em média</i>	10,041	5	3539	0.000
	<i>Com base em mediana</i>	10.170	5	3539	0.000
	<i>Com base em mediana e df ajustado</i>	10.107	5	3499.959	0.000
	<i>Com base em média aparada</i>	10,590	5	3539	0.000

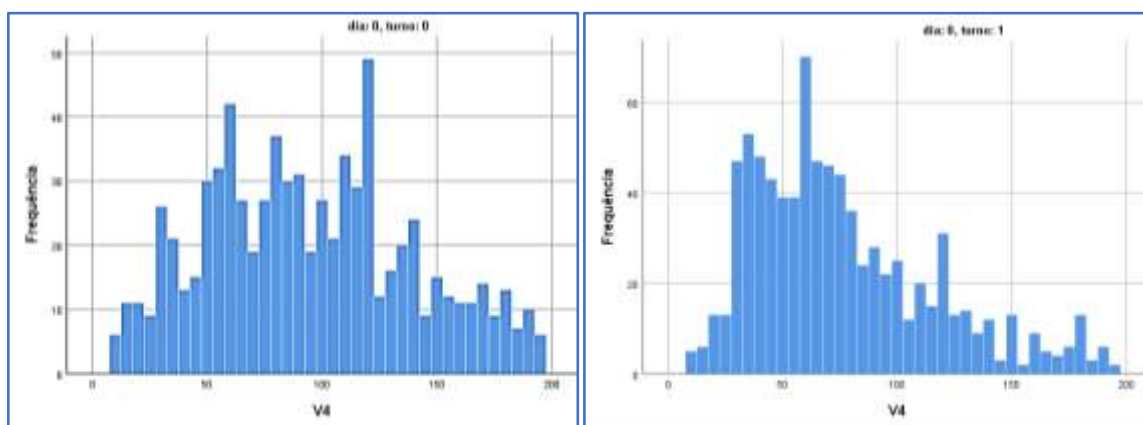
Adicionalmente, na violação do pressuposto da homogeneidade das variâncias, efetuou-se um teste F cujos resultados se encontram representados na Tabela 30. Como o *sig* (valor de prova) é menor que um nível de significância igual a 1%, o teste rejeita a hipótese nula, o que implica que a variação dos erros depende dos valores das variáveis dependentes.

Tabela 30 – Resultados do teste F para os tempos de *setup*

F	<i>gl1</i>	<i>gl2</i>	<i>sig</i>
26.706	1	3543	0.000

Como não é possível aplicar um teste paramétrico ANOVA *two-way*, temos de aplicar um teste não-paramétrico tendo-se optado, uma vez mais, pela análise não-paramétrica de *Kruskal-Wallis*.

Apresenta-se de seguida a Figura 43 na qual constam os histogramas dos seis grupos de amostras. A Tabela 31 que se segue apresenta a média dos valores desses mesmos seis grupos.



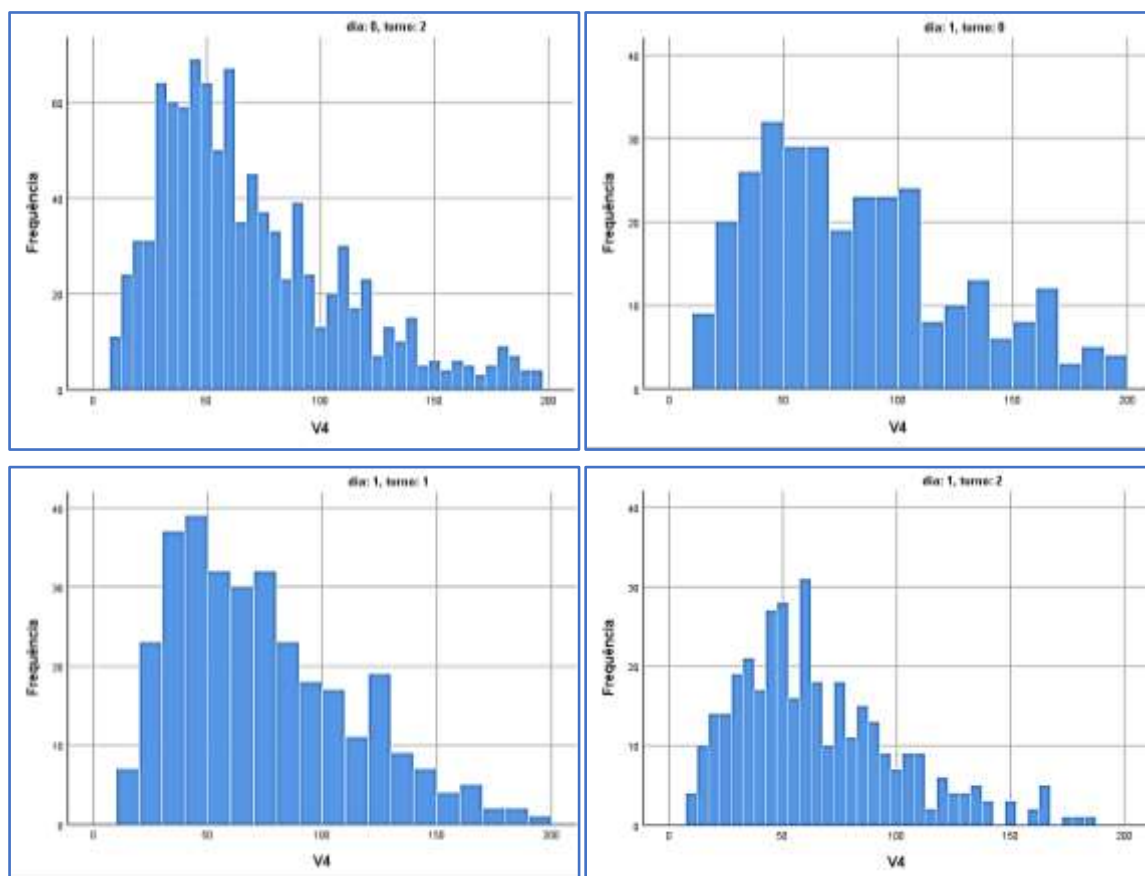


Figura 43 – Histogramas por grupo de amostras respeitantes aos tempos de *setup*

Tabela 31 – Valores de média e assimetria para os tempos de *setup*

	Turno 0		Turno 1		Turno 2	
	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>
Média	94.80	81.17	76.38	72.61	69.15	65.51
Assimetria	0.258	0.658	0.898	0.727	1.011	0.912

Parte 1 – Comparar o antes e o depois da implementação das melhorias

Como se pode comprovar pela Tabela 32, os postos médios são diferentes para os dois grupos, o que nos indica, à partida, que podem existir diferenças estatísticas. Com os resultados do teste H, evidenciados na Tabela 33, é possível verificar que o *sig* (valor de prova) é menor que um nível de significância igual a 1%, e, como tal, rejeita-se a hipótese nula H_0 .

Tabela 32 – Ranks dos tempos de *setup*, antes e depois da implementação das melhorias

Dia	N	Posto Médio
0	2567	1813.46
1	978	1666.79
Total	3545	

Tabela 33 – Teste H dos tempos de *setup*, antes e depois da implementação das melhorias

H de Kruskal-Wallis	14,547
<i>gl</i>	1
<i>sig</i>	0.000

Ao rejeitar a hipótese nula conclui-se que as distribuições das populações não são idênticas. Como tal, comprovou-se a existência de diferenças significativas antes e depois da implementação das melhorias no sector, havendo uma redução estatisticamente significativa desses tempos.

Parte 2 – Comparar os 3 turnos

Como se pode comprovar pela Tabela 34, os postos médios são diferentes para os três grupos, o que nos indica a possível existência de diferenças estatísticas. Com os resultados do teste H, representados na Tabela 35, é possível verificar que o *sig* (valor de prova) é menor que um nível de significância igual a 1%, e, como tal, rejeita-se a hipótese nula H_0 . Adicionalmente, é possível constatar que o turno 0 encontra-se mais afastado dos dois outros turnos e que o turno 1 e 2 se encontram bastante próximos. Ao rejeitar a H_0 sabe-se que, à partida, existem pelo menos duas das três populações que diferem na localização.

Tabela 34 – Ranks dos tempos de *setup* para os diferentes turnos

Turno	N	Posto Médio
0	1058	2094.24
1	1158	1741.07
2	1329	1545.09
Total	3545	

Tabela 35 – Teste H dos tempos de *setup* para os diferentes turnos

H de Kruskal-Wallis	171.295
<i>gl</i>	2
<i>sig</i>	0.000

Ao rejeitar a hipótese nula garante-se que as distribuições das populações não são idênticas. Uma vez que temos mais do que dois grupos, sabe-se que existem pelo menos duas populações no total das três que diferem na localização. Dito isto, apresenta-se de seguida a análise efetuada conjunto a conjunto. Isto é, o turno 0 com o turno 1, o turno 0 com o turno 2, e o turno 1 com o turno 2. Desta forma, pretende-se aferir se as distribuições são todas diferentes ou se existe uma idêntica a outra e, se sim, proceder à sua identificação.

Parte 2.1 – Comparar o turno 0 e o turno 1

Como se pode comprovar pela Tabela 36 que se segue, os postos médios são diferentes para os dois grupos, o que nos indica à partida a possibilidade de existirem diferenças estatísticas. Com os resultados do teste estatístico efetuado, os quais se encontram representados na Tabela 38, é possível verificar que o *sig* (valor de prova) é menor que um nível de significância igual a 1%, rejeitando-se, assim, a hipótese nula H_0 .

Tabela 36 – Ranks dos tempos de *setup* entre os turnos 0 e 1

Turno	N	Posto Médio
0	1058	1227.49
1	1158	999.79
Total	2216	

Tabela 37 – Teste H dos tempos de *setup* entre os turnos 0 e 1

H de Kruskal-Wallis	70.032
<i>gl</i>	1
<i>sig</i>	0.000

Ao rejeitar a hipótese nula garante-se que as distribuições das populações não são idênticas. Assim, comprovou-se que existem diferenças significativas entre o turno 0 e turno 1.

Parte 2.2 – Comparar o turno 0 e o turno 2

Como se pode comprovar pela Tabela 38, os postos médios são diferentes para os dois grupos analisados, o que nos indica, à partida, a possível existência de diferenças estatísticas. Com os resultados do teste H, representados na Tabela 39, é possível constatar que o *sig* (valor de prova) é menor que um nível de significância igual a 1%, o que nos leva a rejeitar a Hipótese nula H_0 .

Tabela 38 – Ranks dos tempos de *setup* entre os turnos 0 e 2

Turno	N	Posto Médio
0	1058	1396.25
2	1329	1032.99
Total	2329	

Tabela 39 – Teste H dos tempos de *setup* entre os turnos 0 e 2

H de Kruskal-Wallis	163.685
<i>gl</i>	1
<i>sig</i>	0.000

Ao rejeitar a hipótese nula garante-se que as distribuições das populações não são idênticas. Uma vez mais, comprovou-se a existência de diferenças significativas entre o turno 0 e o turno 2.

Parte 2.3 – Comparar o turno 1 e o turno 2

Como se pode comprovar através da análise da Tabela 40, os postos médios são diferentes para os dois grupos, o que nos indica, uma vez mais, a possibilidade de existirem diferenças estatísticas entre os turnos avaliados. Com os resultados do teste, representados na Tabela 41, é possível verificar que o *sig* (valor de prova) é menor que um nível de significância igual a 1%, rejeitando-se, assim, a hipótese nula H_0 .

Tabela 40 – Ranks dos tempos de *setup* entre os turnos 1 e 2

Turno	N	Posto Médio
1	1158	1320.78
2	1329	1177.10
Total	2487	

Tabela 41 – Teste H dos tempos de *setup* entre os turnos 1 e 2

H de Kruskal-Wallis	24.784
<i>gl</i>	1
<i>sig</i>	0.000

Ao rejeitar a hipótese nula garante-se que as distribuições das populações não são idênticas. Uma vez mais, comprovou-se a existência de diferenças significativas entre os turnos 1 e 2.

Parte 3 – Resumo

De acordo com os resultados apresentados anteriormente é possível concluir que existem diferenças significativas antes e depois da implementação das melhorias no sector. No entanto, ao contrário do sucedido com os tempos de paragem por falta de afinador, existe também uma diferença estatisticamente significativa entre os três turnos.

Este último ponto comprova que os três turnos diminuíram os tempos de mudança de *setup* após a implementação das melhorias sendo, também, esse tempo de *setup* diferente entre eles. De acordo com a análise de frequências por grupo é possível atribuir uma classificação puramente ilustrativa de quanto foi a melhoria após a implementação e perceber a diferença entre os tempos dos turnos.

De acordo com a Tabela 42, é possível verificar que o turno com menor tempo de afinação antes e depois da implementação de melhorias no sector é o turno 0, seguido do turno 1 e, por fim, do turno 2. O efeito da implementação das melhorias no sector fez-se sentir mais no turno 0 com maior diferença no tempo de afinação e melhoria de 14.4%, sendo que o efeito vai diminuído para o turno 1, e ainda mais para o turno 2 com somente 5% de melhoria.

Tabela 42 – Diferença entre os tempos de *setup*, antes e depois da implementação das melhorias

	Turno 0			Turno 1			Turno 2		
	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	%	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	%	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	%
Média	94.80	81.17	14.4	76.38	72.61	4.9	69.15	65.51	5.2

No presente trabalho, começou-se por introduzir melhorias a nível da organização do sector e dos armários das mestres. Estas melhorias tiveram um impacto direto na diminuição dos tempos de máquina parada, isto é, observou-se uma diminuição nos tempos de mudança de *setup* e, consequentemente, de forma indireta, numa situação em que várias máquinas se encontrem paradas, um menor tempo por falta de afinador. Da aplicação da metodologia SMED, foi possível

introduzir os principais conceitos de forma a otimizar as atividades e, consequentemente, os tempos de mudança de *setup*. Por último, importa realçar que os três turnos existentes no sector de escolha e embalagem são chefiados por três pessoas com carácter e metodologias de trabalho diferentes. Este fator é extremamente importante no que respeita à diferença da dinâmica visível entre os três turnos. Quando observados os resultados obtidos, não existe diferença estatisticamente significativa entre os três turnos relativamente ao tempo de máquina parada por falta de afinador. No entanto, nos tempos de mudança de *setup* verifica-se a existência de diferenças entre mesmos. Ainda que não seja correto atribuir essa diferença ao chefe de turno, tendo em conta a opinião formada a partir da observação direta dos três turnos, é possível afirmar que as diferenças encontradas se devem, entre os outros fatores, à dinâmica criada pelos vários chefes de turno.

No Capítulo que se segue, Capítulo 4, serão apresentadas as principais e mais relevantes conclusões retiradas com o presente trabalho. Ademais, serão igualmente sugeridas algumas perspetivas de desenvolvimento futuro.

Capítulo 5 – Conclusões e perspetivas de desenvolvimento futuro

No presente capítulo serão apresentadas as conclusões relativas aos oito objetivos definidos para este projeto.

1. Melhorar a organização do sector

As melhorias implementadas inseriram-se no âmbito da organização do sector e envolveram, essencialmente, o desenvolvimento de ajudas visuais. Com estas melhorias foi possível identificar cada local de arrumação, reorganizar o sector e ajudar os colaboradores a manterem um padrão. Com as ajudas visuais sobre o estado de atividade das máquinas, foi possível ajudar o responsável de turno e os afinadores a organizarem o seu trabalho assim como a determinarem quais as máquinas paradas e qual o motivo de paragem, o que representa uma mais-valia pois facilita a identificação do motivo pela qual as máquinas se encontram paradas.

No futuro pretende-se continuar a implementar medidas de melhorias à organização visando melhorar a organização e o bom funcionamento do sector.

2. Formar os colaboradores sobre os registos das não conformidades

O trabalho de formação inicial e contínuo sobre os registos das não conformidades no SI apresentou frutos logo no início da formação. A grande maioria das dúvidas foram esclarecidas no primeiro trimestre de formação e, de momento, apenas são corrigidos erros pontuais e esclarecidas as respetivas dúvidas.

Posteriormente, poderia ser interessante desenvolver um protocolo para orientação dos colaboradores sobre os registos de não conformidade no SI. De facto, esta medida é ainda mais importante no sentido de poder oferecer uma melhor formação aquando da entrada de um novo colaborador no sector.

3. Organizar os armários das mestres dos artigos produzidos

Com a reorganização dos armários das mestres foi possível diminuir o desperdício de tempo nas tarefas de mudança de máquinas. Doravante, sempre que seja necessário encontrar alguma mestre, é possível recorrer a um ficheiro com a localização de todas as mestres. Visualmente, os armários encontram-se renovados, limpos e identificados com etiquetas impressas em formato computador.

É extremamente importante manter os armários das mestres organizados, limpos e atualizados. Ao inserir uma nova mestre ao processo é necessário criar toda a documentação necessária para a mesma assim como disponibilizar um local nos armários.

O próximo passo consistirá em inserir a localização das mestres nas ordens de embalagens. Isto é, em cada ordem de embalagem, junto à descrição do artigo a ser processado, deverá aparecer a localização da respectiva mestre.

4. Determinar a cadência de produção máxima de afinação por artigo

Ao averiguar a cadência de produção máxima foi possível determinar o valor máximo de cadência por artigo, ajustar e melhorar o planeamento da produção, prever com maior precisão o tempo de processamento, estabelecer uma meta de cadência de afinação para os afinadores, e incentivar os afinadores a melhorarem o processo de afinação e de escolha, a fim de ultrapassarem a meta estabelecida.

No futuro seria interessante analisar a influência da determinação das cadências de produção tanto ao nível dos colaboradores e afinadores como também para toda a estrutura da empresa.

5. Determinar os fatores que afetam as cadências de produção

Com o presente trabalho identificou-se a existência de quatro fatores capazes de afetar as cadências de produção:

- Características das máquinas;
- Geometria do artigo;
- Tipo de tratamento de superfície;
- Afinadores.

Com base nos dados recolhidos, e na respetiva análise efetuada, comprovou-se que as características das máquinas afetam diretamente as cadências de produção. No futuro seria importante conseguir provar estaticamente que os outros três fatores afetam efetivamente as cadências de produção.

6. Identificar as cadências de produção de cada artigo

Os dados recolhidos não permitem a análise dos 706 artigos selecionados uma vez que não existe nenhum artigo processado pelas máquinas todas nem existe repetição dos dados necessários para se aferir alguma conclusão.

Da análise estatística às máquinas, foi possível comprovar que a cadência de produção não é semelhante para todas máquinas, tendo-se demonstrado a tendência para a formação de grupos de máquina de acordo com o seu valor de posto médio. Isto é, formaram-se grupos de máquinas cujas distribuições são idênticas, o que foi comprovado estatisticamente. Consequentemente, demonstrou-se que existem máquinas cujas distribuições não são idênticas a nenhuma outra máquina, não formando grupos. Além disso, demonstrou-se que a proximidade

das médias das cadências pode induzir a tendências de formação de grupos, sendo que esta tendência isolada, por si só, não comprovava nada, contudo, acompanhada do teste estatístico adequado, fortalece e reforça os resultados obtidos.

Para complementar e concluir esta análise, seria necessário recolher dados válidos para a aplicação de um teste estatístico e provar se existem diferenças de cadência entre artigos. Esta análise apresentaria ainda maior relevância se fosse possível identificar qual o tipo de acabamento, geometria do artigo e tipo de escolha. Deste modo, seria possível complementar a análise dos objetivos 5 e 6.

7. Criar ferramentas para auditar o processo e os operadores

Com a criação das duas ferramentas (relatório de afinação e auditorias) foi possível:

- Validar a conformidade do funcionamento de cada máquina;
- Detetar erros de afinação por parte de outros afinadores e pequenas afinações que sejam necessárias;
- Orientar os operadores para pequenos detalhes importantes para o bom funcionamento das máquinas;
- Melhorar a validação das máquinas no início dos turnos;
- Auditar o processo de produção;
- Avaliar os operadores;
- Garantir que os operadores seguem as regras de funcionamento do sector;
- Garantir o bom funcionamento da produção.

No futuro seria interessante recolher dados relativos à evolução após a implementação das duas ferramentas de modo a comprovar que as ferramentas funcionam e são importantes.

8. Identificar os motivos de paragem

Com este trabalho foi possível identificar os motivos de paragem de produção, dos quais se optou por analisar somente os tempos de máquina por falta de afinador e de mudança de *setup*, uma vez que são os únicos motivos de paragem que se encontram diretamente ligados ao processo, aos colaboradores e às melhorias implementadas ao longo deste trabalho.

De seguida, descreveu-se todo o processo de mudança de *setup* e caracterizaram-se os diferentes estados possíveis, os quais consistem em seis estados diferentes conforme a disponibilidade dos colaboradores e dos afinadores.

Com base nesses estados e nas melhorias implementadas no sector iniciou-se a descrição da metodologia SMED aplicada às atividades de mudança de *setup*. Foram identificadas as atividades externas e internas e melhoradas as atividades do processo de mudança.

Da análise aos dados recolhidos para o tempo por falta de afinador foi possível comprovar a existência de diferenças estatisticamente significativas após a implementação das melhorias no sector, sendo que não existe diferença estatisticamente significativa entre os três tunos. Como tal, concluiu-se que houve uma melhoria dos tempos por falta de afinador, menos tempo de máquina parada por este motivo e que esta melhoria se deveu em grande parte às melhorias implementadas ao longo deste trabalho.

No que respeita à análise dos dados recolhidos para o tempo de *setup* comprovou-se que existem diferenças estatisticamente significativas após a implementação das melhorias no sector assim como entre os três tunos. Assim sendo, concluiu-se que houve uma redução dos tempos de *setup* com as máquinas a encontrarem-se menos tempo paradas por este motivo. Adicionalmente comprovou-se a existência de diferenças entre os tempos de *setup* em cada turno, tendo-se demonstrado que o turno 0 apresenta maior tempo de mudança e que as melhorias implementadas tiveram um maior efeito neste mesmo turno. O turno 2 apresenta o menor tempo de mudança, no entanto o efeito das melhorias implementadas não foram tão notórias como o verificado para o turno 0. O turno 1 apresenta uma posição média tanto a nível de tempo como do efeito das melhorias.

No futuro pretende-se analisar os restantes motivos de paragem e introduzir melhorias ao processo de forma a diminuir o tempo de máquina parada. Adicionalmente seria interessante analisar individualmente os tempos dos afinadores e as suas formas de trabalhar com o intuito de, posteriormente, melhorar individualmente as atividades de cada um. Por fim, seria interessante e proveitoso verificar se o fator ‘chefe de turno’ possui influência direta nos tempos de mudança de *setup*.

De forma a encerrar o presente trabalho, é possível afirmar que as melhorias implementadas se encontram de acordo com as necessidades e problemas identificados no sector de escolha e embalagem. O impacto positivo das melhorias implementadas foi visível e demonstrado ao longo deste trabalho. Teria sido interessante aferir informações mais detalhadas assim como ter sido possível aplicar testes estatísticos que permitissem extrair mais conclusões dos dados recolhidos. No entanto, com base nos dados reunidos, nas medidas implementadas e no apoio incondicional da empresa acolhedora, é possível concluir que este trabalho foi um sucesso.

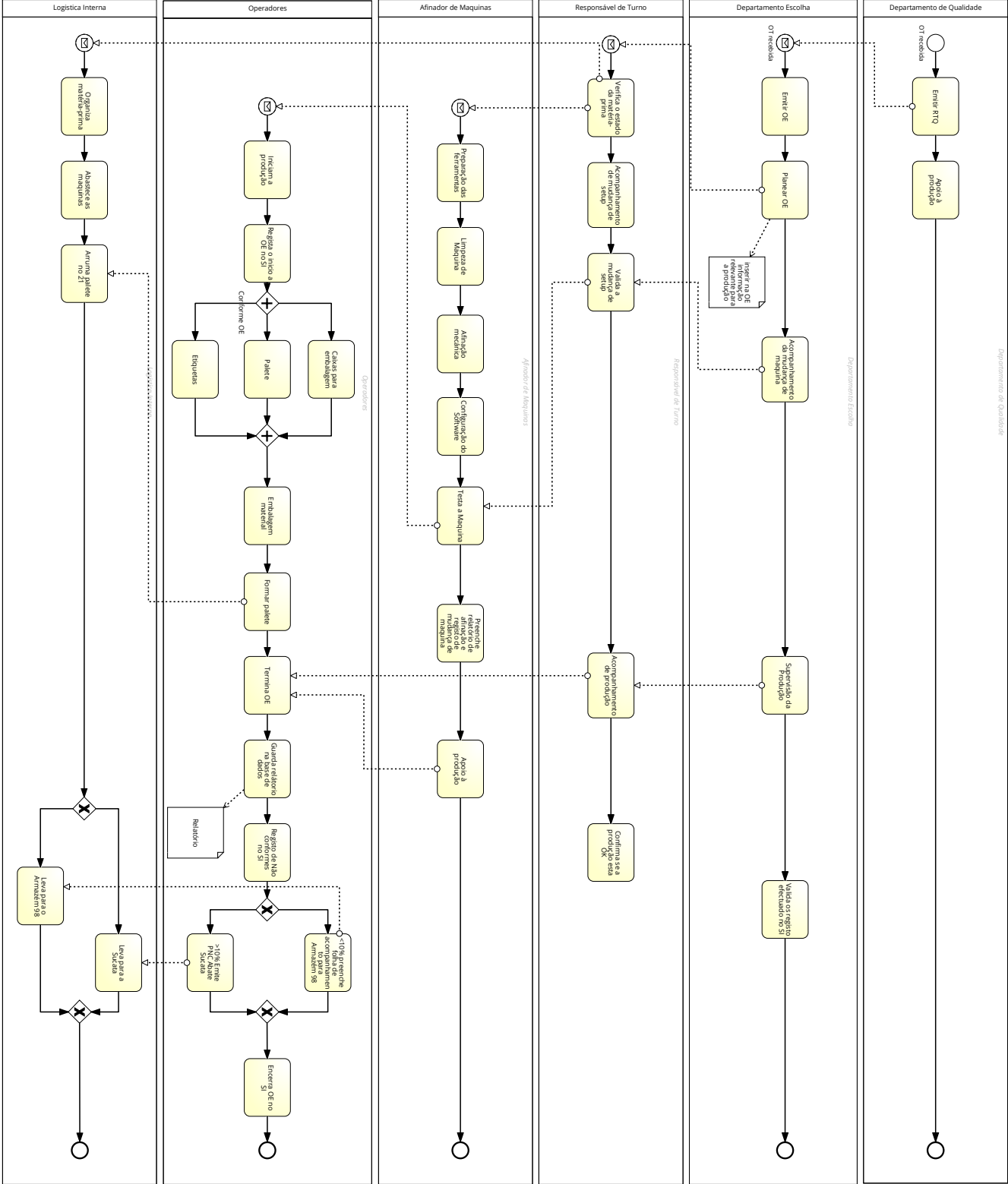
Referências bibliográficas

- Alwi, S., & Lecturer, S. (2004). Training field personnel for small to medium construction companies: an alternative tool to increase productivity. *In 12th of the International Group of Lean Construction Conference, 3-6 August 2004.*
- Bauch, C. (2004). Diploma thesis Lean Product Development : Making waste transparent Diploma thesis. *Mit*, 140.
- Black, J. (2008). The Toyota Way to Healthcare Excellence: Increase Efficiency and Improve Quality with Lean (ACHE Management).
- Coughlan, P. & Coughlan, D. (2002) Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22 (2), 220-240.
<https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- Dennis, P. (2007). Lean production simplified : a plain-language guide to the world's most powerful production system. In *Productivity Press* (p. 325).
[https://doi.org/10.1016/S0278-6125\(02\)80171-6](https://doi.org/10.1016/S0278-6125(02)80171-6)
- Dües, C. M., Tan, K. H., & Lim, M. (2013). Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 40, 93–100.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2011.12.023>
- Foreman, D. I., & Corder, G. W. (2013). *Nonparametric statistics for non-statisticians : a step-by-step approach*. Wiley. Retrieved from
https://books.google.com.br/books?id=T3qOqdpSz6YC&printsec=frontcover&dq=Nonparametric+Statistics+for+Non-Statisticians&hl=pt-BR&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Hassan, M. K. (2013). Applying Lean Six Sigma for Waste Reduction in a Manufacturing Environment. *American Journal of Industrial Engineering*, 1(2), 28–35.
<https://doi.org/10.12691/ajie-1-2-4>
- Kilpatrick, J. (2003). Lean Principles.
- Mali, Y. R., & Inamdar, K. H. (2012). Changeover time reduction using SMED technique of lean manufacturing. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2(3).
- Miller, G., Pawloski, J., Standridge, C., Miller, G., Pawloski, J., & Standridge, C. (2010). A case study of lean, sustainable manufacturing. *JIE*, 3(1), 11–32.
<https://doi.org/10.3926/jiem.2010.v3n1.p11-32>
- O Grupo | PECOL – Sistemas de Fixação, SA. (2018). Retrieved from <https://www.pecol.pt/>
- Ohno, T. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. *Productivity Press*. <https://doi.org/10.1108/eb054703>
- Pinto, J. P. (2009). Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras. *Lisboa: Lidel*.
- Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174–180.
[https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00232-3)
- Rueff Vieira, A., & Cachadinha, N. (2011). Lean construction and sustainability complementary paradigms? A case study, 611–621.

- Sugai, M., McIntosh, R. I., & Novaski, O. (2007). Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. *Gestão & Produção*, 14(2), 323–335.
<https://doi.org/10.1590/S0104-530X2007000200010>
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. M. S. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885.
<https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2014.12.341>
- Suzaki, K. (2010). Gestão de Operações Lean: Metodologias Kaizen para a melhoria contínua. *LeanOp. Mansores*.
- Wahab, A. N. A., Mukhtar, M., & Sulaiman, R. (2013). A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *Procedia Technology*, 11, 1292–1298.
<https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.327>

Anexos

Anexo I



Anexo II

Relatório de afinação

Nome:

N:

Data:

Máquina:

Pcs/min:

Artigo:

Lote:

Observações:

Rejeições:

Cap.	Descrição:	Check
Cap.1	Limpeza interior / exterior da máquina e zona envolvente	
1.1	Saída de peças ok/nok, tapete e caixa	
1.2	Limpeza de lentes e módulo de leds	
1.3	Limpeza exterior da maquina	
Cap.2	Afinação da parte mecânica da máquina	
2.1	Substituição do disco	
2.2	Afinação do alimentador linear / circular	
2.3	Afinação das calhas de alimentação	
2.4	Substituição de acessórios de acordo com a peça a escolher	
2.5	Afinar corretamente cada estação de controlo	
2.6	Afinação de sensores - sensor de deteção de peça não conforme na saída das boas	
Cap.3	Configuração do software Dimac	
3.1	Configurar seguindo os passos do procedimento operativo afixado	
3.2	Sincronizar com o número de casas do disco do PLC	
3.3	Os valores de medição correspondem aos medidos na peça mestra	
Cap.4	Validação da máquina	
4.1	Testar sensor que deteta peça não conforme na saída das boas	
4.1.1	Tapar uma camara de maneira a que a maquina comece a rejeitar todas as peças	
4.1.2	Retirar uma peça do disco e verificar se a maquina pára automaticamente	
4.2	Verificar se a configuração do disco é o mesmo no programa DIMAC e no PLC	
4.3	Escolha 360: garantir o mínimo de 3 fotos no software da DIMAC	
Cap.5	Singularidades	
MCV2	Timing: tempo máximo da porta aberta	
MCV5	Timing: tempo de sopro da saída OK	
MECTRON	Sensores e lasers limpos e portas bem lubrificadas	
CHAMPS	Seguir + - afinação das Dimac 360	
PACE	Seguir + - afinação das Dimac 360	

Anexo III

Nome:		Auditoria ao Processo	
Nº:		Mês/ano:	

[illegible]

Anexo IV

Nome:			
Nº:			
Avaliação dos operadores			
Mês/ano:			

Dadas	PAGE																								
	MCV2-1	M-1	M-2	MCV1-4	MCV4-5	MCV4-6	M-2	MCV4-1	MCV4-3	MCV4-4	MCV4-7	MCV4-2	MCV1-3	CHAMPS	MCV0	MCV1-2	MCV2-2	MCV5-4	MCV1-6	MCV1-5	MCV3	MCV1-1	MCV5-2	MCV5-1	MCV5-3
O colaborador encontra-se presente na secção																									
O colaborador está a usar os EPI's definidos.																									
As protecções de segurança estão fechadas.																									
As caixas nas paletes estão correctamente identificadas.																									
O registo de 'Passagem de Turno' é cumprido.																									
A calibração da balança está correcta.																									
A secção encontra-se arrumada e com o chão limpo.																									